

**Rendering method and device, a game device, and a computer readable recording medium storing programs for rendering a three-dimensional model**

Patent Number:     ☐ US6549202  
Publication date:    2003-04-15  
Inventor(s):        HASEGAWA TSUYOSHI (JP); IMAI HITOSHI (JP)  
Applicant(s):        SQUARE CO LTD (JP)  
Requested Patent:   ☐ JP2001084396  
Application Number:  US20000577165 20000524  
Priority Number(s):   JP19990260046 19990914  
IPC Classification:   G06T15/00  
EC Classification:    G06T15/50D  
Equivalents:         JP3231029B2

---

**Abstract**

---

Method and apparatus for implementing cell-animation-looking colors as an example of non-photo-realistic rendering in three-dimensional model plot processing. Perspective transformations and light source calculations are carried out for a polygon of the three-dimensional model. Then, the luminosity of each apex of the polygon is calculated. In addition, the color for plotting the polygon is calculated for each of the luminosity ranges defined in advance. Alternatively, the colors for plotting may be calculated and stored in advance. Then, one of the luminosity range is selected from the luminosity ranges defined in advance. If the luminosity range of each pixel inside the polygon lies within the luminosity range selected, the pixel is plotted in the color for plotting corresponding to the luminosity range selected. By repeatedly performing these operations, a cell-animation-looking image is generated

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

1 JP,3231029,B

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

 CLAIMS
 

---

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Lightness is the 1st step which the level division is carried out in the fixed range, computes the color for every lightness level in the aforementioned polygon based on the color beforehand set as each criteria lightness and the aforementioned polygon which were beforehand matched with each lightness level, and is matched with each lightness level. The 2nd step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 2nd step of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. The 3rd step which draws the pixel concerned by the color matched with the lightness level chosen at the 2nd step of the above in the 1st step of the above only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

[Claim 2] The rendering method which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Lightness is the 1st step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively. Whenever lightness level is chosen at the 1st step of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. The 2nd step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

[Claim 3] Whenever lightness level is chosen at the 1st step of the above, the 3rd step which calculates the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] is included further. The 2nd step of the above calculates the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The rendering method according to claim 2 characterized by being the step which draws the pixel concerned by the color calculated in the 3rd step of the above only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

[Claim 4] In the 1st step of the above, choose lightness level from high lightness level one [ at a time ], and it sets to the 2nd step of the above. By measuring the lower limit of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ], and the lightness in each aforementioned pixel position, and comparing Z value of the pixel position concerned with corresponding Z value stored in Z-buffer The rendering method according to claim 2 characterized by judging whether it is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection of the lightness in each aforementioned pixel position was carried out [ aforementioned ].

[Claim 5] The rendering method according to claim 2 which draws the lightness in each peak of the aforementioned polygon by light source calculation to the aforementioned solid model before the 1st step of the above, and is characterized by including the 5th step to set up further.

[Claim 6] The rendering method according to claim 5 characterized by the 5th step of the above being a step which draws and sets up the lightness of each peak of the aforementioned polygon based on the normal vector and light source information on each peak.

[Claim 7] The rendering method according to claim 2 that the 1st step of the above is characterized by being the step which chooses every one lightness level from the lightness level of 2 or 3 defined beforehand.

[Claim 8] Rendering equipment which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Lightness is the 1st means which the level division is carried out in the fixed range, computes the color for every lightness level in the aforementioned polygon based on the color beforehand set as each criteria lightness and the aforementioned polygon which were beforehand matched with each lightness level, and is matched with each lightness level. 2nd means to choose every one lightness level from two or more lightness level with which criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen by the 2nd means of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. 3rd means to draw the pixel concerned by the color matched with the lightness level chosen by the 2nd means of the above by the 1st means of the above only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned].

[Claim 9] Rendering equipment which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Lightness is a selection means to choose every one lightness level from two or more lightness level with which the level division is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively. Whenever lightness level is chosen by the aforementioned selection means, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. A drawing means to draw the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned].

[Claim 10] Stored the program for carrying out the rendering of the solid model which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and it is based on the aforementioned computer at the color beforehand set as each criteria lightness and the aforementioned polygon which were beforehand matched by each lightness level. The 1st step which computes the color for every lightness level in the aforementioned polygon, and is matched with each lightness level, The 2nd step which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 2nd step of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The record medium which is characterized by being a program for performing the 3rd step which draws the pixel concerned by the color matched with the lightness level chosen at the 2nd step of the above in the 1st step of the above and in which computer reading is possible.

[Claim 11] Stored the program for carrying out the rendering of the solid model which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. It is the record medium in which computer reading is possible. the aforementioned program The 1st step which chooses every one lightness level from two or more lightness level by which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was respectively matched beforehand with the aforementioned computer, Whenever lightness level is chosen at the 1st step of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] The record medium which is characterized by being a program for performing the 2nd step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned] and in which computer reading is possible.

[Claim 12] Whenever lightness level is chosen as the aforementioned computer at the 1st step of the above, the aforementioned program It is a program for performing further the 3rd step which calculates the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [aforementioned]. The 2nd step of the above calculates the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon. The record medium which is characterized by being the step which draws the pixel concerned

by the color calculated in the 3rd step of the above only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] and in which computer reading according to claim 11 is possible.

[Claim 13] In the 1st step of the above, choose lightness level from high lightness level one [ at a time ], and it sets to the 2nd step of the above. By measuring the lower limit of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ], and the lightness in each aforementioned pixel position, and comparing Z value of the pixel position concerned with corresponding Z value stored in Z-buffer. The record medium which is characterized by judging whether it is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection of the lightness in each aforementioned pixel position was carried out [ aforementioned ] and in which computer reading according to claim 11 is possible.

[Claim 14] The record medium with which the aforementioned program is characterized by being a program for making the aforementioned computer perform further the 5th step which draws the lightness in each peak of the aforementioned polygon by light source calculation to the aforementioned solid model before the 1st step of the above, and is set up and in which computer reading according to claim 11 is possible.

[Claim 15] It is game equipment which carries out the rendering of the solid model which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. A computer, It has the means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which the aforementioned computer is made to execute, and in which computer reading is possible. the aforementioned program The level division of the lightness is carried out in the fixed range, and it is based on the aforementioned computer at the color beforehand set as each criteria lightness and the aforementioned polygon which were beforehand matched by each lightness level. The 1st function which computes the color for every lightness level in the aforementioned polygon, and is matched with each lightness level, The 2nd function which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen by the 2nd function of the above, based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. Game equipment characterized by making the 3rd function which draws the pixel concerned by the color matched with the lightness level chosen by the 2nd function of the above by the 1st function of the above carry out only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

[Claim 16] It is game equipment which carries out the rendering of the solid model which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. A computer, It has the means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which the aforementioned computer is made to execute, and in which computer reading is possible. the aforementioned program The optional feature which chooses every one lightness level from two or more lightness level by which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was respectively matched beforehand with the aforementioned computer, Whenever lightness level is chosen by the aforementioned optional feature, based on the lightness in each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] Game equipment characterized by making the drawing function which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] carry out.

[Claim 17] Game equipment which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Computer. The means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which the aforementioned computer is made to execute, and in which computer reading is possible. According to the program by which reading appearance was carried out [ aforementioned ], lightness is the 1st means which the level division is carried out in the fixed range, computes the color for every lightness level in the aforementioned polygon based on the color beforehand set as each criteria lightness and the aforementioned polygon which were beforehand matched with each lightness level, and is matched with each lightness level. 2nd means to choose every one lightness level from two or more lightness level with which criteria lightness was matched beforehand respectively according to the program by which reading appearance was carried out [ aforementioned ], Whenever lightness level is chosen by the 2nd means of the above according to the program by which reading appearance was carried out [ aforementioned ] Based on the lightness beforehand set up to each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. 3rd means to draw the pixel concerned by the color matched with the lightness level chosen by the 2nd means of the above by the 1st means of the above only when the lightness in each pixel

position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

[Claim 18] Game equipment which carries out the rendering of the solid model which is characterized by providing the following, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons. Computer. The means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which the aforementioned computer is made to execute, and in which computer reading is possible. According to the program by which reading appearance was carried out [ aforementioned ], lightness is a selection means to choose every one lightness level from two or more lightness level with which the level division is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively. Whenever lightness level is chosen with the aforementioned selection means according to the program by which reading appearance was carried out [ aforementioned ] Based on the lightness in each peak of the aforementioned polygon, the lightness in each pixel position inside the aforementioned polygon is calculated. A drawing means to draw the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the aforementioned polygon corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ] only when the lightness in each pixel position concerned was within the limits of the lightness corresponding to the lightness level by which selection was carried out [ aforementioned ].

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the record medium which stored the method, the equipment, and the rendering program which carry out the rendering of the solid model in a virtual space and in which computer reading is possible.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the technology about computer graphics (CG) has accomplished rapid progress. How does many of CG technology currently studied perform a more realistic rendering? A more realistic picture is increasingly expressed by such technology.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, while these realistic rendering technology is used, in recent years, technology which generates the non-reality-rendering of the handwriting style (non-photorealistic rendering), i.e., a picture, by CG is also desired.

[0004] For example, cell animation (cel animation.) It is called cell animation below. In setting and creating the picture of a state with various characters by human being's hand, big trouble starts. However, it is because the trouble can be sharply decreased if these pictures can generate by CG.

[0005] Therefore, the purpose of this invention is offering the record medium which stored the rendering method, the equipment, and the rendering program for realizing coloring of a cell animation tone as an example of a non-reality-rendering and in which computer reading is possible.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The rendering method which carries out the rendering of the solid model concerning the 1st mode of this invention which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons The 1st step which calculates the 1st lightness distribution to the field where a polygon should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon for every polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 1st step for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the 2nd step which draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned is included.

[0007] Since a classification-by-color cloth is generated from the lightness distribution of the 2nd of the few number of level as compared with the 1st lightness distribution calculated by technique, such as gouraud shading, by this, for example, poor coating of a cell animation tone is realizable.

[0008] The rendering method concerning the 2nd mode of this invention The 1st step which chooses every one lightness level from two or more lightness level (for example, lightness range in the form of operation) with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen at the 1st step, based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, the 2nd step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level is included.

[0009] Although it will be painted by the color based on criteria lightness to a part of polygon if the 1st and 2nd steps are performed only once, if only the number of lightness level repeats the 1st and 2nd steps, coloring will be given by the color based on corresponding criteria lightness for two or more lightness level of every by which the interior of a polygon was defined beforehand. That is, poor coating of a cell animation tone is realizable.

[0010] Whenever lightness level is chosen at the 1st step described in the top in the 2nd mode of this invention The 3rd step which calculates the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level is included further. Based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon in the 2nd step described in the top, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it is also possible to consider as the step which draws the pixel concerned by the color calculated in the 3rd step described in the top.

[0011] In the 2nd mode of this invention, moreover, before the 1st step described in the top It is based on the color beforehand set as each criteria lightness and the polygon which were beforehand matched with each lightness level. Compute the color for every lightness level in a polygon, and the 4th step matched with each lightness level is included further. It is also possible to consider as the step which draws the pixel concerned as a color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level in the color matched with the lightness level chosen at the 1st step in the 2nd step described in the top. Moreover, in the 1st step, choose lightness level from high lightness level one [ at a time ], and it sets to the 2nd step. By measuring the lower limit of the lightness corresponding to the selected lightness level, and the lightness in each pixel position, and comparing Z value of the pixel position concerned with corresponding Z value stored in Z-uffer It is also possible to judge whether it is within the limits of the lightness corresponding to the lightness level as which the lightness in each pixel position was chosen.

[0012] Moreover, it is also possible to make it the 5th step which draws the lightness in each peak of a polygon by light source calculation to a solid model, and is set up further included before the 1st step described in the top. [0013] which the lightness of each peak of a polygon is drawn based on the normal vector and light source information on each peak, and can also use this 5th step as the step derived by light source calculation to the solid model performed to the step to set up or a polygon in consideration of the color set up beforehand It is also possible to consider as the step which chooses every one lightness level from the lightness level of 2 or 3 beforehand defined in the 1st step furthermore described in the top. By actual cell animation, it is because it is distinguished with 2 or 3 colors in many cases.

[0014] The rendering equipment which carries out the rendering of the solid model concerning the 3rd mode of this invention which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons A calculation means to calculate the 1st lightness distribution to the field where a polygon should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon for every polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated by the calculation means for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and it has a drawing means to draw a polygon with the classification-by-color cloth concerned.

[0015] Moreover, the rendering equipment concerning the 4th mode of this invention A selection means to choose every one lightness level from two or more lightness level (for example, lightness range in the form of operation) with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen by the selection means, based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it has a drawing means to draw the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level.

[0016] By making a computer perform each step in the rendering method concerning the 1st of this invention, and the 2nd mode, it becomes possible to acquire the same effect as the rendering method described in the top. Therefore, the rendering technology of this invention can carry out now easily by such hardware by performing the indicated processing step using hardware, such as a computer.

[0017] The program for carrying out the rendering of the solid model concerning the 5th mode of this invention which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons The 1st step which calculates the 1st lightness distribution to the field where a polygon should be drawn based on the lightness beforehand set as the computer to each peak of a polygon for every polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated at the 1st step for every level of lightness, It is a program for performing the 2nd step which generates a classification-by-color cloth based on the color beforehand set as the polygon, and draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned.

[0018] Moreover, the program for the rendering concerning the 6th mode of this invention The 1st step which chooses every one lightness level from two or more lightness level by which the level division of the lightness is carried out in

the fixed range, and criteria lightness was respectively matched beforehand with the computer, Whenever lightness level is chosen at the 1st step, based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it is a program for performing the 2nd step which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level.

[0019] The program concerning the 5th of this invention and the 6th mode is stored in a record medium or storage, such as CD-ROM, a floppy disk, a memory cartridge, memory, and a hard disk. Thus, the game equipment described by the rendering equipment described in the top and the following is realizable by making the program stored in a record medium or storage read into a computer. Moreover, by making this into a software product, with equipment, it can distribute and can sell now independently easily with a record medium. Furthermore, the graphics technology of this invention can carry out now easily by such hardware by executing this program using hardware, such as a computer.

[0020] Moreover, the program concerning the 6th mode of this invention can apply the deformation described about the 2nd mode of this invention.

[0021] The game equipment which carries out the rendering of the solid model which is furthermore applied to the 7th mode of this invention, and which has been arranged in a virtual space and consisted of two or more polygons has the means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which a computer and a computer are made to execute, and in which computer reading is possible. And the calculation function which calculates the 1st lightness distribution to the field where a polygon should be drawn based on the lightness by which the program is beforehand set as the computer to each peak of a polygon for every polygon, The 2nd lightness distribution replaced with the typical lightness which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level, and was able to assign the 1st lightness distribution calculated by the calculation function for every level of lightness, A classification-by-color cloth is generated based on the color beforehand set as the polygon, and the drawing function which draws a polygon with the classification-by-color cloth concerned is made to carry out.

[0022] Moreover, the game equipment concerning the 8th mode of this invention has the means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which a computer and a computer are made to execute, and in which computer reading is possible. And the optional feature which chooses every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the program is carried out in the range with fixed lightness at the computer, and criteria lightness was matched beforehand respectively, Whenever lightness level is chosen by the optional feature, based on the lightness in each peak of a polygon, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, the drawing function which draws the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level is made to carry out.

[0023] The game equipment furthermore applied to the 9th mode of this invention The means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which a computer and a computer are made to execute, and in which computer reading is possible, A calculation means to calculate the 1st lightness distribution to the field where the aforementioned polygon should be drawn based on the lightness beforehand set up to each peak of a polygon according to the read program for every polygon, According to the read program, the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and typical lightness is assigned to each level. A classification-by-color cloth is generated based on the 2nd lightness distribution which transposed the 1st lightness distribution calculated by the calculation means to the typical lightness which was able to be assigned for every level of lightness, and the color beforehand set as the polygon, and it has a drawing means to draw a polygon with the classification-by-color cloth concerned.

[0024] The means which reads the program concerned from the record medium which stored the program which makes a computer and a computer perform the game equipment concerning the 10th mode of this invention, and in which computer reading is possible, A selection means to choose every one lightness level from two or more lightness level with which the level division of the lightness is carried out in the fixed range, and criteria lightness was respectively matched beforehand according to the read program, Whenever lightness level is chosen with a selection means according to the read program Based on the lightness in each peak of a polygon, the lightness in each pixel position inside a polygon is calculated. Only when the lightness in each pixel position concerned is within the limits of the lightness corresponding to the selected lightness level, it has a drawing means to draw the pixel concerned by the color based on the color beforehand set as the criteria lightness and the polygon corresponding to the selected lightness level

[0025]

[Embodiments of the Invention] First, when carrying out this invention by the computer program, an example of a computer 1000 which executes the computer program concerned is shown in drawing 1. The computer 1000 contains the main part 101 of a computer, and this main part 101 of a computer contains the data-processing section 103 connected to the internal bus 119, memory 105, a hard disk drive HDD 107, the sound processing section 109, the graphics operation section 111, CD-ROM drive 113, a communication interface 115, and the interface section 117.

[0026] The graphics operation section 111 is connected to the display 121 which has the display screen at the sound output unit 125 whose sound processing section 109 of this main part 101 of a computer is a loudspeaker. Moreover, CD-ROM drive 113 can be equipped with CD-ROM131. A communication interface 115 is connected through a network 151 and communication media 141. The input unit 161 is connected to the interface section 117.

[0027] The data-processing section 103 executes the program stored on HDD107 or CD-ROM131 including CPU, ROM, etc., and controls a computer 1000. Memory 105 is the work area of the data-processing section 103. HDD107 is a storage region for saving a program and data. When it is being directed that the program currently performed by the data-processing section 103 performs a sound output, the sound processing section 109 interprets the directions, and outputs a sound signal to the sound output unit 125.

[0028] The graphics operation section 111 outputs the signal for displaying on the display screen of display 121 according to the drawing instruction outputted from the data-processing section 103. CD-ROM drive 113 reads the program and data on CD-ROM131. It connects with a network 151 through communication media 141, and a communication interface 115 performs communication with other computers etc. The interface section 117 outputs the input from an input unit 161 to memory 105, and the data-processing section 103 interprets it and it carries out data processing.

[0029] The program and data concerning this invention are memorized by the beginning 131, for example, CD-ROM. And this program and data are read by CD-ROM drive 113 at the time of execution, and are loaded to memory 105.

The data-processing section 103 processes the program and data concerning this invention which were loaded to memory 105, and outputs a drawing instruction to the graphics operation section 111. In addition, middle-data are memorized by memory 105. The graphics operation section 111 processes according to the drawing instruction from the data-processing section 103, and outputs the signal for displaying on the display screen of display 121.

[0030] Next, an example of the graphics operation section 111 shown in drawing 1 is explained in detail using drawing 2. The graphics operation section 111 The exchange with the internal bus 119 An exchange of the bus control section 201 and the bus control section 201 to perform, and data The pixel color processing section 209 which carries out reception processing for the data from the geometric operation part 207 to perform and the triangle drawing processing section 205, and the triangle drawing processing section 205, and Z value of each pixel are stored. by and the pixel color processing section 209 Z-uffer 211 used and the frame buffer 213 which stores the data for the display screens from the pixel color processing section 209 are included. In addition, the status signal from a frame buffer 213 is outputted to display 121.

[0031] The bus control section 201 of the graphics operation section 111 receives through the internal bus 119, and outputs the drawing instruction outputted from the data-processing section 103 to the geometric operation part 207 in the graphics operation section 111, or the triangle drawing processing section 205. Processing for outputting the output of the geometric operation part 207 or the triangle drawing processing section 205 to memory 105 through the internal bus 119 depending on the case is also performed. The geometric operation part 207 carries out geometric operations, such as coordinate transformation, light source calculation, rotation, and reduction expansion. The geometric operation part 207 outputs the result of a geometric operation to the triangle drawing processing section 205.

[0032] The triangle drawing processing section 205 interpolates the data of each vertex of a triangle polygon, and generates the data in each point inside a triangle polygon. The pixel color processing section 209 uses the data in each point inside the triangle polygon which the triangle drawing processing section 205 generates, and writes a display image in a frame buffer 213. Under the present circumstances, hidden surface elimination is performed using Z-uffer 211. Especially in this invention, since the triangle drawing processing section 205 generates alpha value showing transparency about each point inside a triangle polygon, the pixel color processing section 209 also carries out processing which memorizes the color in the point to the position of a frame buffer 213, only when this alpha value is fixed within the limits.

[0033] For example, the data-processing section 103 uses the information about the position, the color, and the light source of each vertex of a triangle polygon in a world-coordinate system as data at the graphics operation section 111, and when the drawing instruction to which transparent transformation and light source calculation are performed is outputted, the following processings are carried out within the graphics operation section 111.

[0034] The bus control section 201 which received the drawing instruction outputs an instruction to the geometric operation part 207. The geometric operation part 207 carries out transparent transformation and light source calculation, and calculates the coordinate value (Z value is included) and color in a screen coordinate system of each vertex of a triangle polygon. The geometric operation part 207 outputs this calculation result to the triangle drawing processing section 205. The triangle drawing processing section 205 calculates the coordinate value (Z value is included) and color in each pixel inside a triangle polygon using the coordinate value (Z value is included) and color in each vertex of a triangle polygon. Furthermore, the triangle drawing processing section 205 outputs the coordinate value (Z value is included) and color in each of this pixel to the pixel color processing section 209.

[0035] The pixel color processing section 209 reads the present Z value of the pixel concerned from Z-uffer 211, and compares with Z value outputted from the triangle drawing processing section 205. If outputted Z value is smaller than the present Z value, the pixel color processing section 209 stores outputted Z value in the storage location in Z-uffer 211 corresponding to the pixel concerned, and stores the color of the pixel concerned in the storage location in the frame buffer 213 corresponding to the coordinate value of the pixel concerned.

[0036] The form of each operation shown below is carried out by computer shown in drawing 1.

[0037] 1. Explain the outline of the form 1 of operation of this invention to the primary form of operation using the functional block diagram of drawing 3. With the form 1 of operation, the light source calculation section 400, the lightness calculation section 410, the lightness range table 430, the color calculation section 420 for drawing, the lightness entry section 440, and the drawing section 450 containing the lightness comparator 455 are included.

[0038] The light source calculation section 400 performs transparent transformation on a screen about each peak of the polygon in the solid model arranged for example, in virtual three-dimensions space, and performs light source calculation about each peak of the polygon by which transparent transformation was carried out. Light source calculation calculates shading (brightness) produced with the imagination beam of light emitted from the light source. Next, the lightness calculation section 410 calculates lightness from the color in each peak of the polygon which the light source calculation section 400 calculated. Usually, since the light source calculation section 400 calculates the color in a RGB system, the lightness calculation section 410 carries out YIQ conversion of this RGB, and searches for Lightness Y. The lightness in each peak of this polygon is outputted to the drawing section 450.

[0039] On the other hand, the lightness range table 430 is prepared in the form 1 of operation. This lightness range table 430 is a table like drawing 4. That is, a threshold and criteria lightness are set as criteria lightness 0.25 and three stages (level) to the criteria lightness 0.50 and the threshold 0.00 on the table used as the pair here to the criteria lightness 0.75 and the threshold 0.5 to the threshold 0.75. In addition, lightness shall take the values from 0 to 1 here. Specification of the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is sufficient (for example, refer to drawing 9). With reference to this lightness range table 430, the color calculation section 420 for drawing calculates the color for drawing corresponding to each threshold. The color for drawing corresponding to each threshold is calculated using the information on the color beforehand set as the criteria lightness and each polygon corresponding to a threshold. The color calculation section 420 for drawing outputs the calculated color for drawing to the drawing section 450.

[0040] The lightness entry section 440 chooses one threshold of the lightness range table 430, and sets it as the drawing section 450. Every one lightness entry section 440 is set up in an order from the top, when using a lightness range table 430 like drawing 4 as it is. When the range by not a threshold but the upper limit and the minimum is specified, selection and a setup are possible at random.

[0041] The drawing section 450 calculates the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside a polygon by interpolating the lightness in each peak of the polygon outputted from the lightness calculation section 410. This calculation is performed in the triangle drawing processing section 205 of drawing 2. The algorithm or the algorithm of phong shading of gouraud shading is sufficient as the method of interpolation.

[0042] And the lightness comparator 455 compares the lightness in each of this pixel with the threshold which the lightness entry section 440 set up, and with [ the lightness in a pixel ] a threshold [ more than ], the pixel concerned is drawn in the color for drawing based on the criteria lightness corresponding to this threshold. With [ the lightness in a pixel ] a threshold [ under ], this pixel is not drawn in this stage. Drawing processing including this comparison processing is performed in the pixel color processing section 209 of drawing 2. If the lightness entry section 440 sets up about all the thresholds of the lightness range table 430 and the drawing section 450 processes all the pixels in a polygon corresponding to it, the interior of a polygon will be distinguished with the example of drawing 4 by the three-stage.

[0043] Although it is unclear since the color for drawing is beforehand calculated in the processing described in the top, in addition, the upper processing The lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel is replaced with the criteria lightness corresponding to the lightness range to which the lightness belongs (the 2nd lightness distribution

in a polygon generated). It is substantially [ as the processing which draws in the color for drawing (classification-by-color cloth in a polygon) generated from the color beforehand set as the polygon, and its criteria lightness ] the same. [0044] In addition, in using a lightness range table 430 like drawing 4 as it is, hidden surface elimination by Z-uffer is further needed. For example, if drawing 4 is followed, since the lightness or more of 0.75 is also 0.5 or more and 0.0 or more, it will be for setting up the upper limit of the lightness range so that the color for drawing may not be applied in piles. With [ the lightness of a certain pixel ] 0.75 [ or more ], this pixel is drawn in the color for drawing corresponding to this threshold 0.75, and Z value of the pixel is memorized by Z-uffer.

[0045] Although it is compared with Z value of the same pixel which Z value of the pixel concerned is read from Z-uffer, and tends to write in when a threshold is set to 0.5, since they are the same, naturally the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 is not written in a frame buffer about the pixel. The same is said of the threshold 0.0.

[0046] Moreover, the lightness in the peak of a polygon and the pixel inside a polygon is dealt with as attribute value of the color (RGB) alpha usually used as transparency. Usually, since alpha value is defined in 0-255, what doubled lightness 255 is actually used for attribute value alpha. Therefore, the threshold (an upper limit and lower limit) of the lightness range table 430 may be a value of the range of 0-255.

[0047] Next, the processing flow about the form 1 of operation is explained.

The processing flow of the whole form 1 of operation is shown in [whole processing flow] drawing 5 . A start of processing sets up the state in a virtual space first (Step S2). When this changes the position of a view, change the position of the light source, a solid model is moved or a solid model is transformed, it is processing which changes the state in a virtual space according to it. Next, solid model drawing processing in the form 1 of operation is carried out (Step S3). This is explained in detail using drawing 6 . And these steps S2 and S3 are repeated till a processing end (Step S4).

[0048] [Solid model drawing processing] explains the flow of solid model drawing processing of the form 1 of operation using drawing 6 . First, initial setting is performed (Step S23). In this initial setting, the lightness range table (for example, drawing 4 or drawing 9 ) corresponding to a solid model is acquired. Next, transparent transformation and light source calculation are performed to a polygon with the solid model (Step S25). Transparent transformation changes the coordinate value of each peak of the polygon of a world-coordinate system into the coordinate value in a screen coordinate system. Light source calculation calculates shading (brightness) produced with the imagination beam of light emitted from the light source.

[0049] In addition, there is two technique in light source calculation in this invention. (A) It is the technique of not taking into consideration the color of the technique and the (B) material in consideration of the color of the material defined as the polygon. In (A), it calculates by the following formulas.

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{LightMatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{nr} & 0 & 0 \\ 0 & P_{ng} & 0 \\ 0 & 0 & P_{nb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0050] In addition, n of P<sub>n0</sub>, P<sub>n1</sub>, P<sub>n2</sub>, N<sub>nx</sub>, N<sub>ny</sub>, N<sub>nz</sub>, P<sub>nr</sub>, P<sub>ng</sub>, P<sub>nb</sub>, C<sub>nr</sub>, C<sub>ng</sub>, and C<sub>nb</sub> shows the n-th peak. x components of a normal [ in / the n-th peak / in N<sub>nx</sub> ], y component of a normal / in / the n-th peak / in N<sub>ny</sub> ], and N<sub>nz</sub> are z components of the normal in the n-th peak. LightMatrix is a matrix made by the normalization light source vector, and shows below the case where the parallel light source can be defined to three. Moreover, LColorMatrix has as a component the color of the beam of light emitted from the light source, and shows below the case where the light source can be defined to three. M means the color of the material of a polygon and rgb shows the component. The outputs in (A) are C<sub>nr</sub>, C<sub>ng</sub>, and C<sub>nb</sub>.

[Equation 2]

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} L_{0x} & L_{0y} & L_{0z} \\ L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} LC_{0r} & LC_{1r} & LC_{2r} \\ LC_{0g} & LC_{1g} & LC_{2g} \\ LC_{0b} & LC_{1b} & LC_{2b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0051] In addition,  $L_{0x}$ ,  $L_{0y}$ , and  $L_{0z}$  are the components of the normalization light source vector 0,  $L_{1x}$ ,  $L_{1y}$ , and  $L_{1z}$  are the components of the normalization light source vector 1, and  $L_{2x}$ ,  $L_{2y}$ , and  $L_{2z}$  are the components of the normalization light source vector 2. Moreover,  $LC_{0r}$ ,  $LC_{0g}$ , and  $LC_{0b}$  of the color of the beam of light of the light source vector 0 are components,  $LC_{1r}$ ,  $LC_{1g}$ , and  $LC_{1b}$  of the color of the beam of light of the light source vector 1 are components, and  $LC_{2r}$ ,  $LC_{2g}$ , and  $LC_{2b}$  of the color of the beam of light of the beam-of-light vector 2 are components. In addition, each component of a color takes the value between 0.0 and 1.0. For example, it becomes the following matrices, in accepting it light source 0, existing and using the white light at the angle of 45 degrees to a XYZ shaft.

[Equation 3]

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} 0.5773 & 0.5773 & 0.5773 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0052] Moreover, in (B), it calculates by the following formulas.

[Equation 4]

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LightMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0053] Naturally the results of two formulas differ and are right. [ of the calculation result of (A) ] However, (B) is compared with (A), and since there is little computational complexity, it can accelerate processing. In addition, the quality of a picture does not usually change.

[0054] Next, the lightness in each peak of a polygon is calculated (Step S27). YIQ conversion is performed in calculation of lightness. When it asks for the color in the peak by the technique of of (A) described in the top, it calculates by the following formulas.

[Equation 5]

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} \quad (7)$$

[0055] When it asks for the color in the peak by the technique of of (B) described in the top, it calculates by the following formulas.

[Equation 6]

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0056] In addition, the matrix containing the numeric value is the 1st line of 3x3 matrices for the conversion to YIQ from RGB. 3x3 matrices (transformation matrix) are shown below by way of precaution.

[Equation 7]

$$\begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & 0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0057] The data structure of the solid model before transparent transformation is shown in drawing 7. Drawing 7 (a) is the data structure of a solid model, and a triangle polygon has it by N all. A three square shape each polygon has the color (YIQ) and three vertex data indexes (IDX) of a material, as shown in drawing 7 (b). Although it has the color of a material by the YIQ system here, you may have by the RGB system. If the peak data IDX are used, the information about the peak can be acquired from the peak data table shown in drawing 7 (c).

[0058] The normal vector (Nnx, Nny, Nnz) is remembered to be the three-dimensions coordinate (Pnx, Pny, Pnz) of the peak concerned for every peak data IDX by the peak data table (n is a peak number). If transparent transformation is performed, the data structure of a triangle polygon will change. The thing corresponding to drawing 7 (b) is shown in drawing 8. The coordinate value (x y, z) in a screen coordinate system, the color (r, g, b) in the peak concerned, and alpha value will be memorized for every peak. The lightness calculated at Step S27 to the field which memorizes this alpha value is memorized. Moreover, although explained in detail below, when the triangle drawing processing section 205 processes, three vertices store the color for drawing corresponding to the lightness range in a color (r, g, b). In addition, although the range of lightness is 0.0 to 1.0, since alpha value is the integer of 0 to 255, it uses the thing which is lightness as an alpha value and which was doubled 255.

[0059] Then, it returns to drawing 6 and a processing flow is explained. The color for drawing of a polygon is calculated after Step S27 (Step S29). The color for drawing of a polygon is calculated from the color of the criteria lightness corresponding to each lightness range stored in the lightness range table, and the polygon concerned. For example, when the color of a polygon is held as a color of a YIQ system, only IQ is used among YIQ(s) and it calculates by the following formulas using each criteria lightness Tn.

[Equation 8]

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_n \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad (10)$$

[0060] If there is three criteria lightness Tn (T1, T2, T3), three colors for drawing can be found. In addition, when the color of a polygon is not held as a color of a YIQ system (i.e., when holding as a color of a RGB system), calculation changed into YIQ from RGB by the transformation matrix shown in the top is performed. Moreover, although calculation results differ, the following calculation is performed when the color for drawing needs to be calculated at high speed.

[Equation 9]

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = T_n \begin{pmatrix} Mr \\ Mg \\ Mb \end{pmatrix} \quad (11)$$

[0061] M is a meaning called the color of the material of a polygon. Although calculation results differ and some quality of image also differs by two upper formulas, a picture with the second almost same direction can be acquired at high speed.

[0062] Next, the lightness range of a lightness range table is chosen (Step S31). In addition, although the lightness range table shown in drawing 4 is used with the form of this operation, a lightness range table like drawing 9 can also be used. Drawing 9 shows the example of the table on which the lightness range was specified by the upper limit and the minimum. That is, criteria lightness 0.25 is set up to the criteria lightness 0.50, and the upper limit 0.49 and minimum 0.00 of the lightness range to the criteria lightness 0.75, and the upper limit 0.74 and minimum 0.50 of the lightness range to the upper limit 1.00 and minimum 0.75 of the lightness range. When using such a lightness range table, the lightness range containing an upper limit and a minimum can be chosen at random, and can be set up. However, drawing 9 shows the case of the effective computer to the 2nd place of a small number. The lightness range is chosen as the upper shell turn of drawing 9 when comparison with two lightness values of the lightness of each pixel, an upper limit, and a minimum cannot carry out easily in lightness comparison processing in which it explains below. And it will process only by the lower limit in this case.

[0063] Then, the lightness (lightness distribution in a polygon) in each pixel inside the polygon concerned is calculated by interpolating the lightness in the peak of this polygon. Although the color of the peak is also interpolated, the result is the same, even if it interpolates the three peaks, since it is the same color for drawing. And if the lightness in the pixel concerned is selected lightness within the limits, it will draw in the color for drawing corresponding to the

selected lightness range concerned (Step S33). The triangle drawing processing section 205 in drawing 2 carries out interpolation processing of lightness. The pixel color processing section 209 carries out comparison processing of whether the lightness in each pixel is selected lightness within the limits. They are repeated until it processes these steps S31 and S33 about all lightness ranges (Step S35).

[0064] For example, when the pixel color processing section 209 cannot deal with two lightness values, an upper limit and a minimum, the same effect can be acquired by using Z-uffer 211 together. Although Z-uffer 211 is used for hidden surface elimination, with the form of this operation, the same effect as the upper-limit comparison function of lightness is done so.

[0065] For example, when there is a lightness range table like drawing 4, a threshold 0.75 is chosen first. And the triangle drawing processing section 205 interpolates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each vertex of a polygon by the instruction from the data-processing section 203, and the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel are calculated, and it goes. In addition, if the three peaks set the color as the color for drawing corresponding to a threshold 0.75, even if it interpolates, the color of each pixel will turn into a color for drawing.

[0066] Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which the pixel color processing section 209 compared the lightness and the threshold 0.75 of a pixel by the instruction from the data-processing section 203, and was called for by interpolation are compared. If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.75 or more thresholds, and was called for by interpolation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.75 in a frame buffer 213 as a color of the pixel.

[0067] drawing of this polygon comes out for the first time, and with [ lightness ] 0.75 [ or more ], the color for drawing is written in Two examples, the triangle polygon 601 and the triangle polygon 602, are shown in drawing 10

(a). Each lightness of the vertices P11, P12, and P13 of the triangle polygon 601 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P21, P22, and P23 of the triangle polygon 602 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 If processing described in the top is carried out, it will be painted into the portion to which it is applied in the three square shape each polygon in the color for drawing.

[0068] Next, a threshold 0.5 is chosen. And the triangle drawing processing section 205 calculates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel inside a polygon by the instruction from the data-processing section 203. Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which the pixel color processing section 209 compared the lightness and the threshold 0.5 of a pixel by the instruction from the data-processing section 203, and was called for by calculation are compared. If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.5 or more thresholds, and was called for by calculation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 in a frame buffer 213 as a color of the pixel.

[0069] If Z-uffer 211 is not used, it will be painted to the field of lightness 1.0-0.5 in the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 like drawing 10 (b). About a 0.75 or more lightness field, since Z value calculated by calculation is the same as Z value stored in Z-uffer 211, the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 is not written [ field / 0.75 or more lightness ] in a frame buffer 213. That is, as shown in drawing 10 (c), it is painted in a different color for drawing by the field of lightness 0.5-0.74, and the 0.75 or more lightness field.

[0070] The example of drawing 4 shows the result which processed the threshold 0.0 similarly to drawing 11. Each lightness of the vertices P11, P12, and P13 of the triangle polygon 601 in drawing 11 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P21, P22, and P23 of the triangle polygon 602 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 The number, 0.5 and 0.75, surrounded by the dotted line shows the threshold of lightness. [ i.e., ] In this way, a three square shape each polygon will be divided into three fields, and it will be painted in the color for drawing.

[0071] The result of gouraud shading is shown in drawing 12. Each lightness of the vertices P31, P32, and P33 of the triangle polygon 611 in drawing 12 is set as 0.0, and 1.0 and 1.0. moreover, each lightness of the vertices P41, P42, and P43 of the triangle polygon 612 -- 0.0 and 0. -- it is set as 5 and 1.0 That is, the lightness of each vertex is the same as the triangle polygons 601 and 602 shown in drawing 11 respectively. However, only as for the boundary of the classified field, at gouraud shading, lightness changes by drawing 11 to lightness changing with interpolation smoothly. That is, it turns out that three fields whose lightness is flats exist and it has become a cell animation tone.

[0072] In addition, the value of the smallest lower limit of a lightness range table may not be 0.0. In order to lose the portion to which no colors are given within the polygon, in the repeat of the drawing 6 step S35, a lower limit is set to 0.0 by the last repeat, and Steps S31 and S33 are carried out.

[0073] It repeats until it processes even Step S25 or S35 about all polygons above (Step S37). Thereby, all the polygons of a solid model can be distinguished with the lightness of a predetermined stage, and can acquire the picture

of a cell animation tone now. Furthermore, since these processings can be performed at high speed by computer, it can draw on real time.

[0074] It is better for the lightness range table described in the top to create the optimal thing for every solid model. However, a solid model is divided into some categories and you may make it prepare a lightness range table for every category of the. The lightness range of numbers contained in a lightness range table can consider making it 2 or 3 according to actual cell animation. However, since the number of times of a repeat in Step S35 of drawing 6 only increases in processing which was described above, it is also easily possible to make it which [ two or more ] number. However, since the number of times of a repeat increases, if a number increases, processing will become slow and will go.

[0075] 2. Unlike the gestalt 1 of operation, the gestalt 2 of gestalt 2 implementation of operation calculates it beforehand rather than calculates the color for drawing on real time, and stores it as data. If it does in this way, processing speed will become quick from the gestalt 1 of operation. In addition, although what was necessary was just to have had data of 1 classification by color per polygon with the gestalt 1 of operation since it had calculated from the color of the material of a polygon, and the criteria brightness of a lightness range table, it is necessary to hold the color data for line count of a lightness range table per polygon with the gestalt 2 of operation.

[0076] The functional block diagram of the gestalt 2 of operation is shown in drawing 13. With the gestalt 2 of operation, the light source calculation section 500, the lightness calculation section 510, the lightness range table 530, the lightness entry section 540, the drawing section 450 containing the lightness comparator 555, and the color storing section 520 for drawing are included. A different point from the gestalt 1 of operation is that the color storing section 520 for drawing is contained instead of the color calculation section 420 for drawing.

[0077] The color storing section 520 for drawing needs to keep three color data for drawing per each polygon, when using a lightness range table like drawing 4. Namely, when there are N polygons, correspond to the 1st lightness range of a polygon 0 (C'01r, C'01g, C'01b). Correspond to the 2nd lightness range of a polygon 0 (C'02r, C'02g, C'02b). From corresponding to the 3rd lightness range of a polygon 0 (C'03r, C'03g, C'03b) Correspond to the 1st lightness range of a polygon N-1 (C'(N-1)r, C'(N-1) g, C'(N-1) 1b). the 3rd lightness range of a polygon N-1 corresponding to the 2nd lightness range of a polygon N-1 (C'(N-1)2r, C'(N-1) 2g, C'(N-1) 2b) -- corresponding (C'(N-1)3r, C'(N-1) 3g, C'(N-1) 3b) -- it is kept

[0078] The drawing section 550 takes out the color for drawing corresponding to the lightness range set up by the lightness entry section 540 from the color storing section 520 for drawing. The color storing section 520 for drawing is CD-ROM131 or HDD107.

[0079] The light source calculation section 500 performs transparent transformation on a screen about each peak of the polygon in the solid model arranged for example, in virtual three-dimensions space, and performs light source calculation about each peak of the polygon by which transparent transformation was carried out. Next, the lightness calculation section 510 calculates Lightness Y from the color in each peak of the polygon which the light source calculation section 500 calculated. The lightness in each peak of this polygon is outputted to the drawing section 550. For example, when a lightness range table 530 like drawing 4 is prepared, the lightness entry section 540 chooses one threshold of the lightness range table 530 from a top one by one, and sets it as the drawing section 550.

[0080] In the drawing section 550, the lightness in each pixel inside a polygon is calculated by interpolating the lightness in each peak of the polygon outputted from the lightness calculation section 510. Here, Z value in each pixel inside a polygon is also calculated by interpolating Z value of each peak. This calculation is performed in the triangle drawing processing section 205 of drawing 2. And when the Z value by which the lightness in the pixel concerned was calculated with interpolation from the present larger and Z value than a threshold is smaller as compared with Z value which the lightness comparator 555 compared the lightness in each of this pixel with the threshold which the lightness entry section 540 set up, and took out the present Z value of the pixel concerned from Z-uffer, and was calculated by interpolation, the pixel concerned is drawn in the color for drawing corresponding to this threshold.

[0081] When the lightness in a pixel is beyond Z value by which under the threshold or the present Z value was calculated with interpolation, it does not draw this pixel in this stage. Drawing processing including this comparison processing is performed in the pixel color processing section 209 of drawing 2. If the lightness entry section 540 sets up about all the thresholds of the lightness range table 530 and the drawing section 550 processes all the pixels in a polygon corresponding to it, the interior of a polygon will be distinguished with the example of drawing 4 by the three-stage.

[0082] As long as it was shown in [whole processing flow] drawing 5, the processing flow of the whole gestalt 1 of operation is the same also with the gestalt 2 of operation. That is, the state in a virtual space is set up first (Step S2). Next, solid model drawing processing in the gestalt 2 of operation is carried out (Step S3). This is explained in detail using drawing 14. And these steps S2 and S3 are repeated till a processing end (step S4).

[0083] The flow of the solid model drawing processing in the gestalt 2 of the operation to [solid model drawing processing] drawing 14 is shown. The difference with drawing 6 is in the point that the content of processing of initial setting of Step S53 of drawing 14 differs from the content of processing of Step S23 of drawing 6, and the point that Step S29 of drawing 6 replaced Step S59 of drawing 14. That is, with the gestalt 2 of operation, although the color for drawing 6 was calculated in drawing 6 each time, since it calculates and stores beforehand, the processing which incorporates beforehand the color data for drawing for solid models which draw in Step S53 is needed. Moreover, the processing which reads the color for drawing of a polygon in Step S59 is needed. In addition, even if it performs Step S59 before Steps S55 and S57 and carries out after Step S61, you may carry out in parallel to those steps. What is necessary is just to read, by the time it actually uses it, since it is calculated and stored beforehand.

[0084] Then, drawing 14 is explained concretely. Initial setting is performed first (Step S53). In this initial setting, the lightness range table and the color data for drawing corresponding to a solid model are acquired. Next, transparent transformation and light source calculation are performed to a polygon with the solid model (Step S55). The technique of not taking into consideration the color of the technique and the (B) material in consideration of the color of the material defined as the (A) polygon explained with the gestalt 1 of operation is applicable also with the gestalt 2 of operation.

[0085] Next, the lightness in each peak of a polygon is calculated (Step S57). And the color for drawing of the polygon concerned is read (Step S59). The lightness range of a lightness range table is chosen (Step S61). Here, it supposes that a lightness range table like drawing 4 is used, and the lightness range of drawing 4 will be chosen and set up in an order from a top. Then, the lightness in each pixel inside the polygon concerned is calculated by interpolating the lightness in the peak of this polygon.

[0086] And if the lightness in the pixel concerned is selected lightness within the limits, it will draw in the color for drawing corresponding to the selected lightness range concerned (Step S63). The triangle drawing processing section 205 in drawing 2 carries out interpolation processing of lightness. The pixel color processing section 209 carries out comparison processing of whether the lightness in each pixel is selected lightness within the limits. They are repeated until it processes these steps S61 and S63 about all lightness ranges (Step S65).

[0087] Z-uffer 211 is used together at Step S63. When there is a lightness range table like drawing 4, a threshold 0.75 is chosen first. And the triangle drawing processing section 205 interpolates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each vertex of a polygon by the instruction from the data-processing section 203, and the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel are calculated, and it goes. Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which the pixel color processing section 209 compared the lightness and the threshold 0.75 of a pixel by the instruction from the data-processing section 203, and was called for by interpolation are compared.

[0088] If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.75 or more thresholds, and was called for by interpolation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.75 in a frame buffer 213 as a color of the pixel. Next, a threshold 0.5 is chosen. And the triangle drawing processing section 205 calculates the lightness and the coordinate (Z value is included) of each pixel inside a polygon by the instruction from the data-processing section 203. The pixel color processing section 209 compares Z value and Z value of the pixel stored in Z-uffer 211 of the pixel which compared the lightness and the threshold 0.5 of a pixel and was called for by calculation.

[0089] If Z value of the pixel which the lightness of a pixel is 0.5 or more thresholds, and was called for by calculation is smaller than Z value of the pixel stored in Z-uffer 211, the pixel color processing section 209 will write the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 in a frame buffer 213 as a color of the pixel. About a 0.75 or more lightness field, since Z value calculated by calculation is the same as Z value stored in Z-uffer 211, the color for drawing corresponding to a threshold 0.5 is not written [ field / 0.75 or more lightness ] in a frame buffer 213. A threshold 0.0 is processed similarly.

[0090] It repeats until it processes even Step S55 or S65 about all polygons above (Step S67). Thereby, all the polygons of a solid model can be distinguished with the lightness of a predetermined stage, and can acquire the picture of a cell animation tone now. Furthermore, since these processings can be performed at high speed by computer, it can draw on real time. Especially the gestalt 2 of operation is further accelerated from the gestalt 1 of operation.

[0091] 3. In the other gestalten 1 of modification (1) operation, although the processing which calculates the color for drawing of a polygon after Steps S25 and S27 by drawing 6 showing solid model drawing processing is to be carried out as Step S29, if it will be calculated by the time it uses the color for drawing at Step S33, it will be satisfactory. Therefore, even if it performs Step S29 Step S25 or before S27, it performs it in parallel to Steps S25 and S27 and it carries out after Step S31, you may carry out in parallel to Step S31.

[0092] (2) Calculate the lightness Y of the peak of the polygon after light source calculation by YIQ conversion at Step S27 in drawing 6 showing solid model drawing processing of the gestalt 1 of operation. Although it is more nearly

high-speed not to calculate since I and Q which it is as a result of YIQ conversion do not use it, when the routine which already performs YIQ conversion exists, you may calculate I and Q using it. About this, it is the same also with the gestalt 2 of operation.

[0093] (3) At Step S33 in drawing 6 showing solid model drawing processing of the gestalt 1 of operation, interpolate the data of the peak of a polygon and generate the data of the pixel inside a polygon. Since it does not change even if it will choose and set up a lightness range which is different by the repeat by Step S35, once it performs this processing, the result is saved and you may make it use it. About this, it is the same also with the gestalt 2 of operation.

[0094] (4) What is necessary is just to perform transparent transformation by Step S33, although light source calculation is performed at Step S25 in drawing 6 which shows solid model drawing processing of the gestalt 1 of operation while performing transparent transformation. However, it can be managed by it even if the way taken out out of the loop by Step S35 does not carry out transparent transformation repeatedly. Therefore, computational complexity can be reduced if it performs to the timing of Step S25. About this, it is the same also with the gestalt 2 of operation.

[0095] (5) Although the color for drawing corresponding to the lightness range is calculated beforehand and memorized with the gestalt 2 of operation, any of two methods explained with the gestalt 1 of operation are sufficient as the calculation method at this time of calculating beforehand, and it may be an option. Furthermore, you may define the colors for drawing one by one. Since the color for drawing is prepared beforehand, although execution speed becomes quick with the gestalt 2 of operation, it cannot perform simply changing into colors other than the color for drawing currently prepared. On the other hand, in calculating using the criteria lightness defined as the lightness range table like the gestalt 1 of operation at the time of execution, or it changes a lightness range table, it is effective in the ability to change the color for drawing suitably only by changing criteria lightness.

[0096] (6) Although the gestalt of operation to which the graphics operation section 111 performs processing of a part of solid model drawing processing (Step S3 of drawing 5) was indicated with the gestalt of the operation which is on the hardware change to be used and was described, even if the graphics operation section 111 performs the whole solid model drawing processing, the data-processing section 103 may be made to perform.

[0097] Moreover, drawing 1 is an example and various change is possible for it. For example, if it is game equipment, HDD107 will not be held but supplying a program and data only from CD-ROM131 will also be considered. It has the R/W interface of the memory card for saving data instead of HDD107 in the interface section 117 in that case. Moreover, it is arbitrary whether it has a communication interface 115. Since this invention is not related to direct sound processing, there is no need of having the sound processing section 109.

[0098] Moreover, CD-ROM131 may be an example of a record medium, and a floppy disk, a magneto-optic disk, DVD-ROM, memory cartridges, etc. may be other record media. In this case, it is necessary to make it the drive which set CD-ROM drive 113 by the corresponding medium.

[0099] Furthermore, although the above is the case where this invention is mounted by the computer program, it is possible to mount only with the equipment of exclusive use, such as combination of the equipment of exclusive use or electronic circuitries, such as a computer program and an electronic circuitry. The thing which are expressed with each step of drawing 5 and drawing 6, or drawing 14 and for which equipment may be constituted for every function and equipment is constituted for every those parts or those combination is also considered in that case.

[0100] As mentioned above, although this invention was concretely explained based on the form of operation, this invention is not limited to the form of the above-mentioned implementation, and can be suitably changed in the range which does not deviate from the summary. For example, although the form of the above-mentioned implementation described the case where this invention was realized by making the usual computer into a platform, this invention may realize a home video game machine, an arcade game machine, etc. as a platform. Making a Personal Digital Assistant, a car-navigation system, etc. into a platform, and realizing depending on the case, is also considered.

[0101] Moreover, the program or data for realizing this invention are not limited to the form offered by record media, such as removable CD-ROM, to a computer or a game machine. That is, the program and data for realizing this invention may be a form which records the above-mentioned program and data on the memory by the side of the device of the others on the network 151 connected through the communication line 141, and stores and uses this program and data for memory 105 one by one by the communication interface 115 shown in drawing 1 if needed through a communication line 141.

[0102] When not using this invention for [example of display] drawing 15, the example of 1 display of the picture at the time of interpolating the color of each pixel in a polygon by the color of the peak of a polygon is shown. For example, is it the face of the ear neighborhood of the face of the person of a picture center section to a person, applies to right-hand side, and signs that lightness changes automatically are known. The example of 1 display of the picture at the time of on the other hand drawing with the algorithm of this invention, using the lightness range table on which two lightness ranges (threshold) were defined as drawing 16 is shown. The lightness range table currently used by drawing

16 is shown in drawing 17 . Here, it is set as criteria lightness 0.60 and two stages to the criteria lightness 0.75 and the threshold 0 to the threshold 0.3125. It turns out that it is distinguished with two steps of lightness, is drawing 16 the face of the ear neighborhood of the face of the person of a picture center section to a person, and applying it to right-hand side unlike drawing 15 .

[0103] The picture of a cell animation tone can be acquired by using the algorithm of this invention. In this invention, since processing in which compare alpha value and the lightness range which store lightness in the case of the writing to a frame buffer, and the write-in propriety of the predetermined color for drawing is judged is only performed too much, it changes simply the conventional technology generating a picture like drawing 15 , or generating a picture like drawing 16 with the algorithm of this invention. Moreover, in drawing cell animation by human being's hand, big trouble starts creating the picture of a state with various characters. Moreover, in the game as which the game character of a cell animation tone is displayed, the picture of the character from not much many angles cannot be created for the same reason. However, if this invention is used, the picture of the cell animation tone in many states can be acquired easily, and the trouble can be decreased sharply.

[0104]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since it was made for the color in a polygon to become settled according to the typical lightness assigned to the level of lightness according to the record medium which stored the rendering method, the equipment, and the rendering program of this invention and in which computer reading is possible, coloring of a cell animation tone is realizable.

---

[Translation done.]

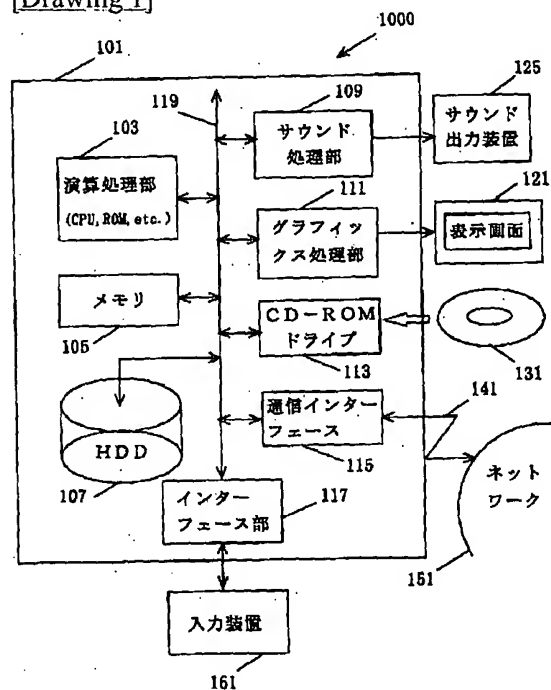
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

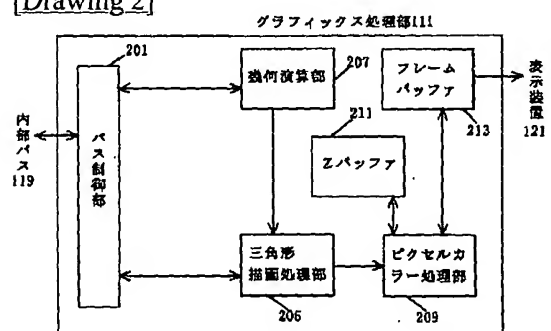
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

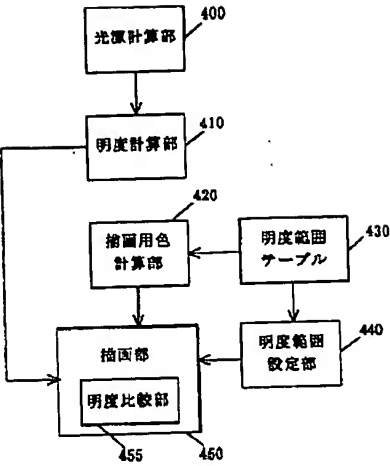
[Drawing 1]



[Drawing 2]



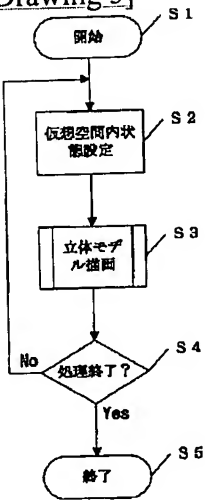
[Drawing 3]



[Drawing 4]

しきい値	基準明度
0.75	0.75
0.50	0.50
0.00	0.25

[Drawing 5]



[Drawing 8]

透視変換後三角形ポリゴン	
頂点0	スクリーン座標(x, y, z)
	色データ(r, g, b)
	α値
頂点1	スクリーン座標(x, y, z)
	色データ(r, g, b)
	α値
頂点2	スクリーン座標(x, y, z)
	色データ(r, g, b)
	α値

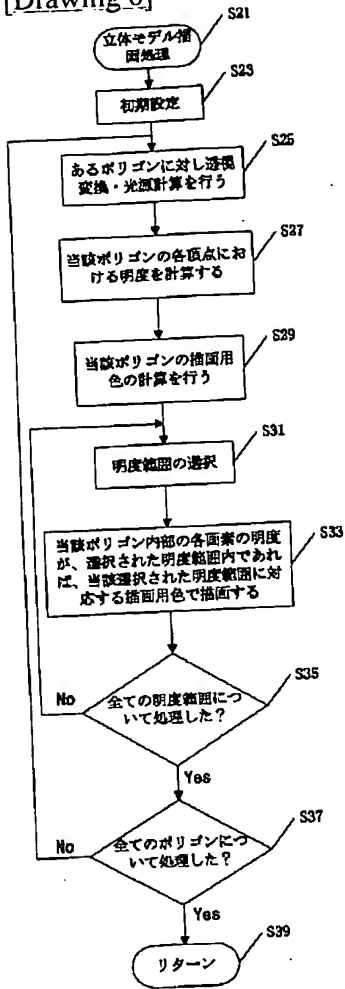
[Drawing 9]

明度範囲		基準明度
上限	下限	
1.00	0.75	0.75
0.74	0.50	0.50
0.49	0.00	0.25

[Drawing 17]

しきい値	基準明度
0.3125	0.75
0	0.60

[Drawing 6]



[Drawing 7]

(a)

透視変換前三角形ポリゴン0
透視変換前三角形ポリゴン1
透視変換前三角形ポリゴン2
⋮
透視変換前三角形ポリゴンN-1

(b)

透視変換前三角形ポリゴン

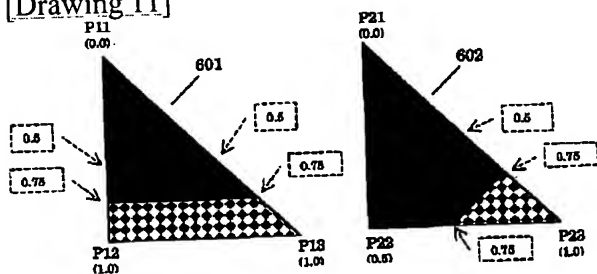
	マテリアルの色 (V, I, Q)
頂点0	頂点データ I D X
頂点1	頂点データ I D X
頂点2	頂点データ I D X

(c)

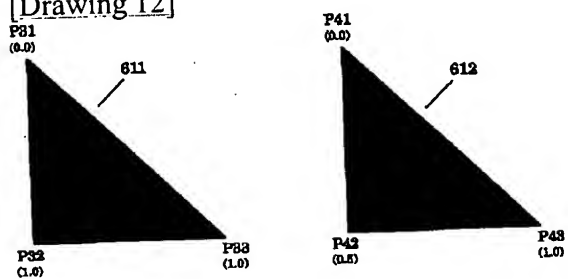
頂点データ・テーブル

頂点データ I D X 0	三次元座標 ( $P_{0x}, P_{0y}, P_{0z}$ )
	法線ベクトル ( $N_{0x}, N_{0y}, N_{0z}$ )
頂点データ I D X 1	三次元座標 ( $P_{1x}, P_{1y}, P_{1z}$ )
	法線ベクトル ( $N_{1x}, N_{1y}, N_{1z}$ )
	⋮
頂点データ I D X [N-1]	三次元座標 ( $P_{[N-1]x}, P_{[N-1]y}, P_{[N-1]z}$ )
	法線ベクトル ( $N_{[N-1]x}, N_{[N-1]y}, N_{[N-1]z}$ )

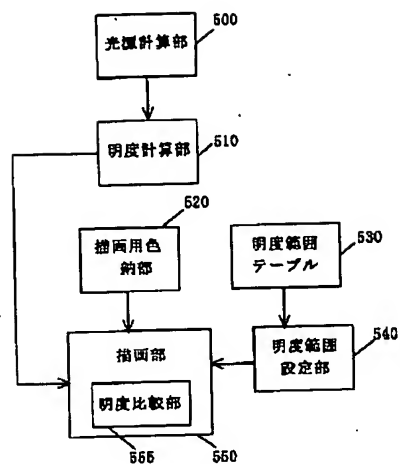
[Drawing 11]



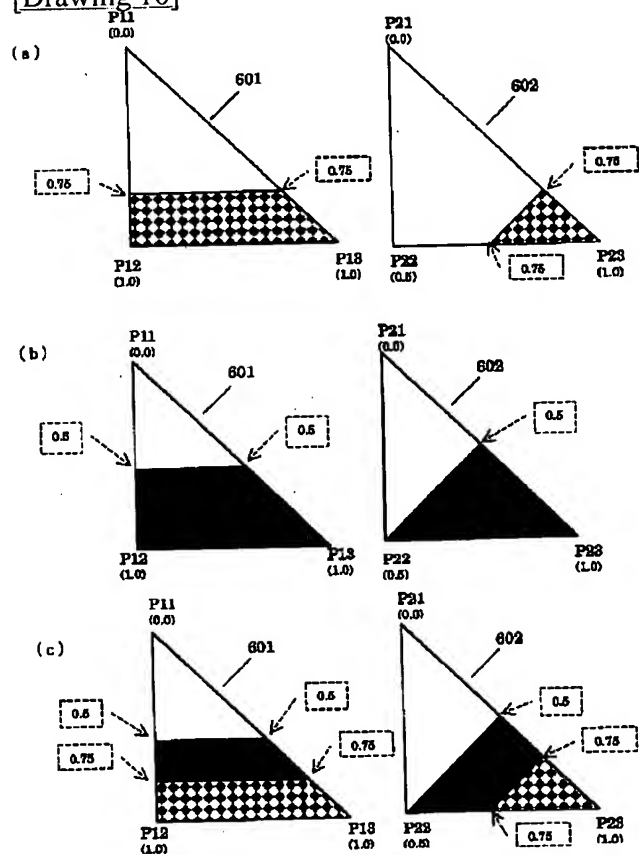
[Drawing 12]



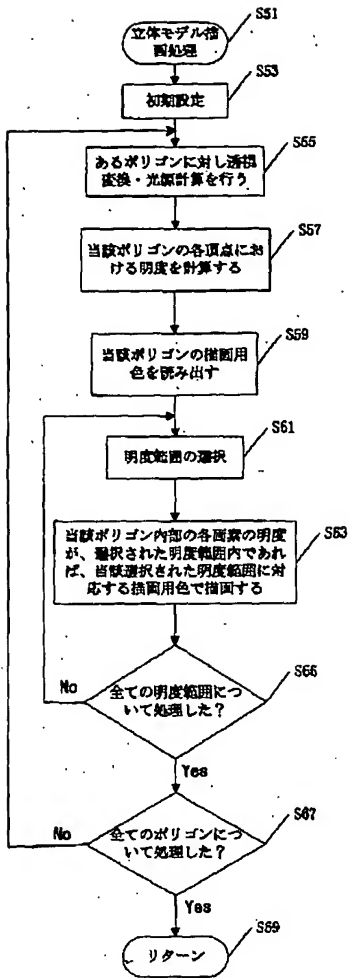
[Drawing 13]



[Drawing 10]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Drawing 16]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3231029号

(P3231029)

(45) 発行日 平成13年11月19日 (2001. 11. 19)

(24) 登録日 平成13年 9 月14日 (2001. 9. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 15/00

1 0 0

G 0 6 T 15/00

1 0 0 A

G 0 6 F 17/40

3 3 0

G 0 6 F 17/40

3 3 0 C

G 0 6 T 17/40

G 0 6 T 17/40

A

請求項の数18(全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-260046

(22) 出願日 平成11年 9 月14日 (1999. 9. 14)

(65) 公開番号 特開2001-84396(P2001-84396A)

(43) 公開日 平成13年 3 月30日 (2001. 3. 30)

審査請求日 平成11年 9 月14日 (1999. 9. 14)

(73) 特許権者 391049002

株式会社スクウェア

東京都目黒区下目黒1丁目8番1号

(72) 発明者 長谷川 豪

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株  
式会社スクウェア内

(72) 発明者 今井 仁

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株  
式会社スクウェア内

(74) 代理人 100103528

弁理士 原田 一男

審査官 松尾 俊介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンダリング方法及び装置、ゲーム装置、並びに立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第1ステップと、

各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第2ステップと、  
前記第2ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明

10

2

度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第2ステップで選択された明度レベルに前記第1ステップにおいて対応付けられた色で当該画素を描画する第3ステップと、

を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項2】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、

前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明

3

度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップと、  
を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項3】前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに含み、  
前記第2ステップが、  
前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項4】前記第1ステップにおいて、  
高い明度レベルから明度レベルを1つずつ選択し、  
前記第2ステップにおいて、  
前記選択された明度レベルに対応する明度の下限値と前記各画素位置における明度とを比較し且つ当該画素位置のZ値とZバッファに格納された対応するZ値とを比較することにより、前記各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内であるかを判断することを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項5】前記第1ステップ以前に、前記ポリゴンの各頂点における明度を、前記立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに含むことを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項6】前記第5ステップが、  
前記ポリゴンの各頂点の明度を、各頂点の法線ベクトル及び光源情報に基づいて導出し、設定するステップであることを特徴とする請求項5記載のレンダリング方法。

【請求項7】前記第1ステップが、  
予め定義された2又は3の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項8】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、  
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第1手段と、  
各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第2手段と、  
前記第2手段により明度レベルが選択される毎に、前記

4

ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第2手段により選択された明度レベルに前記第1手段により対応付けられた色で当該画素を描画する第3手段と、  
を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項9】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、  
前記選択手段により明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段と、  
を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項10】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、  
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第1ステップと、  
各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第2ステップと、  
前記第2ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第2ステップで選択された明度レベルに前記第1ステップにおいて対応付けられた色で当該画素を描画する第3ステップと、  
を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項11】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、  
前記プログラムは、前記コンピュータに、

明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、  
前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップと、  
を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項12】前記プログラムが、前記コンピュータに、  
前記第1ステップで明度レベルが選択される毎に、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに実行させるためのプログラムであり、  
前記第2ステップが、  
前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、  
前記第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップであることを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項13】前記第1ステップにおいて、  
高い明度レベルから明度レベルを1つずつ選択し、  
前記第2ステップにおいて、  
前記選択された明度レベルに対応する明度の下限値と前記各画素位置における明度とを比較し且つ当該画素位置のZ値とZバッファに格納された対応するZ値とを比較することにより、前記各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内であるかを判断することを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項14】前記プログラムが、前記コンピュータに、  
前記第1ステップ以前に、前記ポリゴンの各頂点における明度を、前記立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに実行させるためのプログラムであることを特徴とする請求項11記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、  
コンピュータと、  
前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、  
コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラ

ムを読み出す手段とを有し、  
前記プログラムは、前記コンピュータに、  
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第1機能と、

各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第2機能と、  
10 前記第2機能により明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第2機能により選択された明度レベルに前記第1機能により対応付けられた色で当該画素を描画する第3機能と、  
を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【請求項16】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、  
コンピュータと、  
前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、  
コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有し、  
前記プログラムは、前記コンピュータに、  
明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択機能と、

30 前記選択機能で明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点における明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画機能と、  
を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【請求項17】仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、  
コンピュータと、  
前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、  
コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、

前記読み出されたプログラムに従って、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づいて、前記ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第1手段と、  
50 前記読み出されたプログラムに従って、各々基準明度が

予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第2手段と、  
前記読み出されたプログラムに従って、前記第2手段により明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記第2手段により選択された明度レベルに前記第1手段により対応付けられた色で当該画素を描画する第3手段と、  
を有することを特徴とするゲーム装置。

【請求項18】 仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、  
コンピュータと、  
前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、  
前記読み出されたプログラムに従って、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、  
前記読み出されたプログラムに従って、前記選択手段で明度レベルが選択される毎に、前記ポリゴンの各頂点における明度に基づき前記ポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が前記選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、前記選択された明度レベルに対応する基準明度及び前記ポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段と、  
を有することを特徴とするゲーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、仮想空間内の立体モデルをレンダリングする方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、コンピュータ・グラフィックス（CG）に関する技術は急速な進歩を遂げている。研究されているCG技術の多くは、いかにして、より写実的なレンダリングを行うかというものである。これらの技術により、より写実的な画像が表現されるようになってきている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、これら写実的なレンダリング技術が用いられる一方で、近年では非写実的なレンダリング（non-photorealistic rendering）、すなわち手書き風の画像をCGで生成する技術も望まれている。

【0004】 例えばセルアニメーション（cel animation。以下セルアニメと言う。）において、キャラクターの様々な状態の画像を人間の手で作成する場合には大きな手数がかかる。しかしこれらの画像がCGで生成できれば、その手数を大幅に減少させることができるからである。

【0005】 よって本発明の目的は、非写実的なレンダリングの一例としてセルアニメ調の彩色を実現するためのレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の第1の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法は、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対し予め設定されている明度に基づきポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第1ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第2ステップとを含む。

【0007】 これにより例えばグーロー・シェーディング等の手法により計算される第1の明度分布に比して少ないレベル数の第2の明度分布から色分布が生成されるので、セルアニメ調のべた塗りを実現することができる。

【0008】 本発明の第2の態様に係るレンダリング方法は、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベル（例えば実施の形態における明度範囲）から、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、第1ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップとを含む。

【0009】 第1及び第2ステップを1回だけ実行すればポリゴンの一部分だけが基準明度に基づく色で彩色されることになるが、第1及び第2ステップを明度レベルの数だけ繰り返せば、ポリゴン内部は、予め定義された複数の明度レベルごとに、対応する基準明度に基づく色で彩色が施されることになる。すなわち、セルアニメ調のべた塗りを実現することができる。

【0010】 本発明の第2の態様においては、上で述べた第1ステップで明度レベルが選択される毎に、選択さ

れた明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色を計算する第3ステップをさらに含み、上で述べた第2ステップを、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、上で述べた第3ステップにおいて計算された色で当該画素を描画するステップとすることも可能である。

【0011】また、本発明の第2の態様においては、上で述べた第1ステップ以前に、各明度レベルに予め対応付けられた各基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づいて、ポリゴンにおける明度レベル毎の色を算出し、各明度レベルに対応付ける第4ステップをさらに含み、上で述べた第2ステップを、第1ステップで選択された明度レベルに対応付けられた色を、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色として当該画素を描画するステップとすることも可能である。また、第1ステップにおいて、高い明度レベルから明度レベルを1つずつ選択し、第2ステップにおいて、選択された明度レベルに対応する明度の下限値と各画素位置における明度とを比較し且つ当該画素位置のZ値とZバッファに格納された対応するZ値とを比較することにより、各画素位置における明度が選択された明度レベルに対応する明度の範囲内であるかを判断するようにすることも可能である。

【0012】また、上で述べた第1ステップ以前に、ポリゴンの各頂点における明度を、立体モデルに対する光源計算により導出し、設定する第5ステップをさらに含むようにすることも可能である。この第5ステップを、ポリゴンの各頂点の明度を、各頂点の法線ベクトル及び光源情報に基づいて導出し、設定するステップ又はポリゴンに予め設定した色を考慮して行う立体モデルに対する光源計算により導出するステップとすることも可能である。

【0013】さらに上で述べた第1ステップを、予め定義された2又は3の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択するステップとすることも可能である。実際のセルアニメでは2又は3色で塗り分けられていることが多いためである。

【0014】本発明の第3の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置は、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対し予め設定されている明度に基づきポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計算手段により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色

分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画手段とを有する。

【0015】また本発明の第4の態様に係るレンダリング装置は、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベル（例えば実施の形態における明度範囲）から、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、選択手段により明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段とを有する。

【0016】本発明の第1及び第2の態様に係るレンダリング方法における各ステップをコンピュータに実行させることにより、上で述べたレンダリング方法と同様の効果を得ることが可能となる。従って、記載された処理ステップをコンピュータ等のハードウェアを用いて実行することにより、これらのハードウェアで本発明のレンダリング技術が容易に実施できるようになる。

【0017】本発明の第5の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするためのプログラムは、コンピュータに、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する第1ステップと、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、第1ステップで計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2の明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する第2ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0018】また本発明の第6の態様に係るレンダリングのためのプログラムは、コンピュータに、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する第1ステップと、第1ステップで明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基づきポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する第2ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0019】本発明の第5及び第6の態様に係るプログラムは、例えばCD-ROM、フロッピーディスク、メモリカートリッジ、メモリ、ハードディスクなどの記録

11

媒体又は記憶装置に格納される。このように記録媒体又は記憶装置に格納されるプログラムをコンピュータに読み込ませることで上で述べたレンダリング装置及び以下で述べるゲーム装置を実現できる。また、記録媒体によってこれをソフトウェア製品として装置と独立して容易に配布、販売することができるようになる。さらに、コンピュータなどのハードウェアを用いてこのプログラムを実行することにより、これらのハードウェアで本発明のグラフィックス技術が容易に実施できるようになる。

【0020】また本発明の第6の態様に係るプログラムは、本発明の第2の態様に関して述べた変形等を適用することができる。

【0021】さらに本発明の第7の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ複数のポリゴンで構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有している。そしてプログラムは、コンピュータに、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基きポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算機能と、明度が一定の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計算機能により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画機能とを実施させる。

【0022】また本発明の第8の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段とを有している。そしてプログラムは、コンピュータに、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択機能と、選択機能で明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点における明度に基きポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画機能とを実施させる。

【0023】さらに本発明の第9の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、読み出されたプログラムに従って、ポリゴン毎に、ポリゴンの各頂点に対して予め設定されている明度に基き前記ポリゴンが描画されるべき領域の第1の明度分布を計算する計算手段と、読み出されたプログラムに従って、明度が一定

12

の範囲でレベル分けされ且つ各レベルに代表的な明度が割り当てられており、計算手段により計算された第1の明度分布を明度のレベル毎に割り当てられた代表的な明度に置き換えた第2明度分布と、ポリゴンに予め設定された色とに基づいて色分布を生成し、当該色分布でポリゴンを描画する描画手段とを有する。

【0024】本発明の第10の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体から当該プログラムを読み出す手段と、読み出されたプログラムに従って、明度は一定の範囲でレベル分けされており、各々基準明度が予め対応付けられた複数の明度レベルから、一つずつ明度レベルを選択する選択手段と、読み出されたプログラムに従って、選択手段で明度レベルが選択される毎に、ポリゴンの各頂点における明度に基きポリゴンの内部の各画素位置における明度を計算し、当該各画素位置における明度が、選択された明度レベルに対応する明度の範囲内である場合のみ、選択された明度レベルに対応する基準明度及びポリゴンに予め設定された色に基づく色で当該画素を描画する描画手段とを有する。

【0025】

【発明の実施の形態】最初に、本発明をコンピュータ・プログラムにより実施する場合において当該コンピュータ・プログラムを実行するコンピュータ1000の一例を図1に示す。コンピュータ1000はコンピュータ本体101を含んでおり、このコンピュータ本体101は、その内部バス119に接続された演算処理部103、メモリ105、ハードディスク・ドライブHDD107、サウンド処理部109、グラフィックス処理部111、CD-ROMドライブ113、通信インターフェース115、及びインターフェース部117を含む。

【0026】このコンピュータ本体101のサウンド処理部109はスピーカーであるサウンド出力装置125に、グラフィックス処理部111は表示画面を有する表示装置121に接続されている。また、CD-ROMドライブ113にはCD-ROM131を装着し得る。通信インターフェース115はネットワーク151と通信媒体141を介して接続する。インターフェース部117には入力装置161が接続されている。

【0027】演算処理部103は、CPUやROMなどを含み、HDD107やCD-ROM131上に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ1000の制御を行う。メモリ105は、演算処理部103のワークエリアである。HDD107は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。サウンド処理部109は、演算処理部103により実行されているプログラムがサウンド出力を行うよう指示している場合に、その指示を解釈して、サウンド出力装置125にサウンド信号を出力する。

【0028】グラフィックス処理部111は、演算処理部103から出力される描画命令に従って、表示装置121の表示画面に表示を行うための信号を出力する。CD-ROMドライブ113は、CD-ROM131上のプログラム及びデータを読み出す。通信インターフェース115は、通信媒体141を介してネットワーク151に接続し、他のコンピュータ等と通信を行う。インターフェース部117は、入力装置161からの入力をメモリ105に出力し、演算処理部103がそれを解釈して演算処理を実施する。

【0029】本発明に係るプログラム及びデータは最初例えばCD-ROM131に記憶されている。そして、このプログラム及びデータは実行時にCD-ROMドライブ113により読み出されて、メモリ105にロードされる。演算処理部103はメモリ105にロードされた、本発明に係るプログラム及びデータを処理し、描画命令をグラフィックス処理部111に出力する。なお、中間的なデータはメモリ105に記憶される。グラフィックス処理部111は演算処理部103からの描画命令に従って処理をし、表示装置121の表示画面に表示を行うための信号を出力する。

【0030】次に図1に示されたグラフィックス処理部111の一例を図2を用いて詳細に説明する。グラフィックス処理部111は、内部バス119とのやり取りを行うバス制御部201、バス制御部201とデータのやり取りを行う幾何演算部207及び三角形描画処理部205、三角形描画処理部205からのデータを受け取り処理を実施するピクセルカラー処理部209、各画素のZ値を格納し且つピクセルカラー処理部209により使用されるZバッファ211、及びピクセルカラー処理部209からの表示画面用データを格納するフレーム・バッファ213を含む。なお、フレーム・バッファ213からの表示信号は、表示装置121に出力される。

【0031】グラフィックス処理部111のバス制御部201は、演算処理部103から出力された描画命令を内部バス119を介して受信し、グラフィックス処理部111内の幾何演算部207又は三角形描画処理部205に出力する。場合によっては、幾何演算部207又は三角形描画処理部205の出力を内部バス119を介してメモリ105に出力するための処理をも行う。幾何演算部207は、座標変換、光源計算、回転、縮小拡大等の幾何演算を実施する。幾何演算部207は、幾何演算の結果を、三角形描画処理部205に出力する。

【0032】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを生成する。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。本発明では特

に、三角形描画処理部205が透明度を表す $\alpha$ 値を三角形ポリゴン内部の各点について生成するので、ピクセルカラー処理部209は、この $\alpha$ 値が一定範囲内である場合にのみ、その点における色をフレームバッファ213の所定の位置に記憶する処理をも実施する。

【0033】例えば、演算処理部103が、グラフィックス処理部111に、世界座標系における三角形ポリゴンの各頂点の位置及び色並びに光源に関する情報をデータとし、透視変換及び光源計算を行う描画命令を出力した場合には、以下のような処理がグラフィックス処理部111内で実施される。

【0034】描画命令を受信したバス制御部201は命令を幾何演算部207に出力する。幾何演算部207は、透視変換及び光源計算を実施し、三角形ポリゴンの各頂点のスクリーン座標系における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。幾何演算部207は、この計算結果を三角形描画処理部205に出力する。三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点における座標値（Z値を含む）及び色を用いて、三角形ポリゴン内部の各画素における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。さらに、三角形描画処理部205は、この各画素における座標値（Z値を含む）及び色をピクセルカラー処理部209に出力する。

【0035】ピクセルカラー処理部209は、Zバッファ211から当該画素の現在のZ値を読み出して、三角形描画処理部205から出力されたZ値と比較する。もし、出力されたZ値が現在のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209は、出力されたZ値を当該画素に対応するZバッファ211内の記憶位置に格納し、当該画素の座標値に対応するフレーム・バッファ213内の記憶位置に当該画素の色を格納する。

【0036】以下に示す各実施の形態は、図1に示されたコンピュータによって実施される。

【0037】1. 実施の形態1

次に本発明の実施の形態1の概略を図3の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態1では、光源計算部400、明度計算部410、明度範囲テーブル430、描画用色計算部420、明度範囲設定部440、及び明度比較部455を含む描画部450を含む。

【0038】光源計算部400は、例えば仮想三次元空間に配置された立体モデル内のポリゴンの各頂点についてスクリーン上に透視変換を行い、透視変換されたポリゴンの各頂点について光源計算を行う。光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影（輝度）を計算するものである。次に、明度計算部410は、光源計算部400が計算したポリゴンの各頂点における色から明度を計算する。通常光源計算部400はRGB系における色を計算するので、明度計算部410はこのRGBをYIQ変換して明度Yを求める。このポリゴンの各頂点における明度は、描画部450に出力され

る。

【0039】一方、実施の形態1においては、明度範囲テーブル430を用意しておく。この明度範囲テーブル430は、例えば図4のようなテーブルである。すなわち、しきい値と基準明度が対となったテーブルで、ここではしきい値0.75に対して基準明度0.75、しきい値0.5に対して基準明度0.50、しきい値0.0に対して基準明度0.25と三段階（レベル）に設定されている。なお、ここでは明度は0から1までの値をとるものとする。しきい値ではなく、上限及び下限による範囲の指定でも良い（例えば図9参照）。この明度範囲テーブル430を参照して、描画用色計算部420は各しきい値に対応する描画用色を計算する。各しきい値に対応する描画用色は、しきい値に対応する基準明度と各ポリゴンに予め設定されている色の情報を用いて計算する。計算した描画用色を描画用色計算部420は描画部450に出力する。

【0040】明度範囲設定部440は、明度範囲テーブル430の1つのしきい値を選択して、描画部450に設定する。明度範囲設定部440は、図4のような明度範囲テーブル430をそのまま使用する場合には上から順番に一つずつ設定していく。しきい値ではなく上限及び下限による範囲が指定されている場合には、ランダムに選択・設定可能である。

【0041】描画部450は、明度計算部410から出力されたポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度（ポリゴンにおける明度分布）を計算する。この計算は例えば図2の三角形描画処理部205で行われる。補間の方式は、ゲーロー・シェーディングのアルゴリズムでも、フォン・シェーディングのアルゴリズムでも良い。

【0042】そして、この各画素における明度と明度範囲設定部440が設定したしきい値とを明度比較部455が比較し、もし画素における明度がしきい値以上であれば、このしきい値に対応する基準明度に基づく描画用色で当該画素を描画する。もし画素における明度がしきい値未満であれば、この画素をこの段階では描画しない。この比較処理を含む描画処理は例えば図2のピクセルカラー処理部209で行われる。明度範囲設定部440が明度範囲テーブル430の全てのしきい値について設定し、それに対応して描画部450がポリゴン内の全ての画素について処理を行えば、ポリゴン内部が図4の例では3段階に塗り分けられる。

【0043】なお、上で述べた処理では予め描画用色が計算されているので分かりにくい、上の処理は、各画素における明度（ポリゴンにおける明度分布）がその明度が属する明度範囲に対応する基準明度と置き換えられ（ポリゴンにおける第2の明度分布が生成され）、ポリゴンに予め設定された色とその基準明度とから生成される描画用色（ポリゴンにおける色分布）で描画する処理

と実質的に同じである。

【0044】なお、図4のような明度範囲テーブル430をそのまま使用する場合には、さらにZバッファによる隠面消去が必要となる。例えば図4に従えば、0.75以上という明度は0.5以上でも0.0以上でもあるから、重ねて描画用色が塗られないように明度範囲の上限値を設定するためである。もしある画素の明度が0.75以上であれば、このしきい値0.75に対応する描画用色でこの画素は描画され、その画素のZ値がZバッファに記憶される。

【0045】しきい値が0.5になった場合には、当該画素のZ値がZバッファから読み出され、書き込もうとする同じ画素のZ値と比較されるが、当然それらは同じであるから、しきい値0.5に対応する描画用色はその画素についてはフレーム・バッファに書き込まれない。しきい値0.0についても同じである。

【0046】また、ポリゴンの頂点及びポリゴン内部の画素における明度は、通常は透明度として使われる $\alpha$ という色（RGB）の属性値として取り扱われる。通常 $\alpha$ 値は0-255の範囲で定義されるので、実際に属性値 $\alpha$ には明度を255倍したものを使用する。よって、明度範囲テーブル430のしきい値（上限及び下限値）は0-255の範囲の値であっても良い。

【0047】次に、実施の形態1についての処理フローを説明する。

【全体の処理フロー】図5に実施の形態1の全体の処理フローを示す。処理が開始すると、まず仮想空間内の状態を設定する（ステップS2）。これは、例えば視点の位置を変更したり、光源の位置を変更したり、立体モデルを移動させたり、立体モデルを変形したりした場合に、それに応じて仮想空間内の状態を変更する処理である。次に、実施の形態1における立体モデル描画処理を実施する（ステップS3）。これについては図6を用いて詳細に説明する。そして、このステップS2及びS3を処理終了まで繰り返す（ステップS4）。

【0048】[立体モデル描画処理]では図6を用いて実施の形態1の立体モデル描画処理のフローを説明する。まず、初期設定を行う（ステップS23）。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル（例えば図4又は図9）を取得する。次に、その立体モデルのあるポリゴンに対し透視変換及び光源計算を行う（ステップS25）。透視変換は、世界座標系のポリゴンの各頂点の座標値をスクリーン座標系における座標値に変換するものである。光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影（輝度）を計算するものである。

【0049】なお、本発明において光源計算には2つの手法がある。（A）ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び（B）マテリアルの色を考慮しない手法である。（A）の場合には、以下の式で計算す

る。

【数1】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LightMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{nr} & 0 & 0 \\ 0 & P_{ng} & 0 \\ 0 & 0 & P_{nb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (1)$$

【0050】なお、 $P_{n0}$ 、 $P_{n1}$ 、 $P_{n2}$ 、 $N_{nx}$ 、 $N_{ny}$ 、 $N_{nz}$ 、 $P_{nr}$ 、 $P_{ng}$ 、 $P_{nb}$ 、 $C_{nr}$ 、 $C_{ng}$ 、 $C_{nb}$ の $n$ は $n$ 番目の頂点を示している。 $N_{nx}$ は $n$ 番目の頂点における法線の $x$ 成分、 $N_{ny}$ は $n$ 番目の頂点における法線の $y$ 成分、 $N_{nz}$ は $n$ 番目の頂点における法線の $z$ 成分である。 $LightMatrix$ は正規化光源ベクトルにより作られる行列であって、3つまで平行光源を定義できる場合を以下に示す。また、 $LColorMatrix$ は光源から発せられる光線の色を成分として有しており、3つまで光源を定義できる場合を以下に示す。 $M$ はポリゴンのマテリアルの色を意味し、 $r$   $g$   $b$ はその成分を示す。(A)の場合の出力は、 $C_{nr}$ 、 $C_{ng}$ 、 $C_{nb}$ である。

【数2】

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} L_{0x} & L_{0y} & L_{0z} \\ L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} LC_{0r} & LC_{0g} & LC_{0b} \\ LC_{1r} & LC_{1g} & LC_{1b} \\ LC_{2r} & LC_{2g} & LC_{2b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

【0051】なお、 $L_{0x}$ 、 $L_{0y}$ 、 $L_{0z}$ は正規化光源ベクトル0の成分であり、 $L_{1x}$ 、 $L_{1y}$ 、 $L_{1z}$ は正規化光源ベクトル1の成分であり、 $L_{2x}$ 、 $L_{2y}$ 、 $L_{2z}$ は正規化光源ベクトル2の成分である。また、光源ベクトル0の光線の色は、 $LC_{0r}$ 、 $LC_{0g}$ 、 $LC_{0b}$ が成分であり、光源ベクトル1の光線の色は、 $LC_{1r}$ 、 $LC_{1g}$ 、 $LC_{1b}$ が成分であり、光線ベクトル2の光線の色は、 $LC_{2r}$ 、 $LC_{2g}$ 、 $LC_{2b}$ が成分である。なお、色の各成分は0.0から1.0の間の値をとる。例えば、光源0のみ存在し、XYZ軸に対して45度の角度で白色光を使用する場合には、以下のような行列となる。

【数3】

(9)

特許第3231029号

$$LightMatrix = \begin{pmatrix} 0.5773 & 0.5773 & 0.5773 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$LColorMatrix = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0052】また(B)の場合には以下の式で計算する。

10 【数4】

$$\begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LightMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{nx} \\ N_{ny} \\ N_{nz} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LColorMatrix \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{n0} \\ P_{n1} \\ P_{n2} \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0053】2つの計算式の結果は当然異なり、(A)の計算結果が正しい。但し、(B)は(A)に比し計算量が少ないので処理を高速化できる。なお、通常画像の質は変わらない。

20 【0054】次に、ポリゴンの各頂点における明度を計算する(ステップS27)。明度の計算ではYIQ変換を行う。頂点における色を上で述べた(A)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算する。

【数5】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{nr} \\ C_{ng} \\ C_{nb} \end{pmatrix} \quad (7)$$

30 【0055】頂点における色を上で述べた(B)の手法にて求めた場合には、以下のような式で計算する。

【数6】

$$Y_n = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{nr} \\ P_{ng} \\ P_{nb} \end{pmatrix} \quad (8)$$

【0056】なお、数値の入っている行列は、RGBからYIQへの変換のための $3 \times 3$ 行列の第1行目である。念のため $3 \times 3$ 行列(変換行列)を以下に示しておく。

40 【数7】

$$\begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & 0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0057】図7に透視変換前の立体モデルのデータ構造について示す。図7(a)は立体モデルのデータ構造で、三角形ポリゴンは全部で $N$ 個ある。各三角形ポリゴンは、図7(b)に示すように、マテリアルの色(YIQ)と、頂点データ・インデックス(IDX)を3つ有する。ここではマテリアルの色をYIQ系で有することにしてはいるが、RGB系で有していても良い。頂点デー

19

タIDXを用いれば、図7(c)に示す頂点データ・テーブルから頂点に関する情報を得ることができる。

【0058】頂点データ・テーブルには、各頂点データIDX毎に、当該頂点の三次元座標( $P_{nx}$ ,  $P_{ny}$ ,  $P_{nz}$ )と、法線ベクトル( $N_{nx}$ ,  $N_{ny}$ ,  $N_{nz}$ )が記憶されている( $n$ は頂点番号)。透視変換を行うと、三角形ポリゴンのデータ構造は変化する。図7(b)に対応するものを図8に示す。各頂点毎に、スクリーン座標系における座標値( $x$ ,  $y$ ,  $z$ )及び当該頂点における色( $r$ ,  $g$ ,  $b$ )及び $\alpha$ 値を記憶することになる。この $\alpha$ 値を記憶する領域にステップS27で計算した明度を記憶する。また、以下で詳細に説明するが、三角形描画処理部205が処理を行う場合には、3つの頂点共色( $r$ ,  $g$ ,  $b$ )には明度範囲に対応する描画用色を格納する。なお、明度は0.0から1.0の範囲であるが、 $\alpha$ 値は0から255の整数であるから、 $\alpha$ 値としては明度の255倍したものを使用する。

【0059】では図6に戻って処理フローを説明する。ステップS27の後に、ポリゴンの描画用色を計算する(ステップS29)。ポリゴンの描画用色は、明度範囲テーブルに格納された各明度範囲に対応する基準明度と当該ポリゴンの色から計算する。例えばポリゴンの色をYIQ系の色として保持している場合には、YIQのうちIQのみを使用し、各基準明度 $T_n$ を使用して以下の式で計算する。

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.272 & -0.647 \\ 1.000 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_n \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad (10)$$

【0060】基準明度 $T_n$ が3つあれば( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ )、描画用色は3つ求まる。なお、ポリゴンの色をYIQ系の色として保持していない場合、すなわちRGB系の色として保持している場合には、上で示した変換行列でRGBからYIQへ変換する計算を行う。また、計算結果は異なるが、高速に描画用色を計算する必要がある場合には、以下のような計算を行う。

$$\begin{pmatrix} C'_{nr} \\ C'_{ng} \\ C'_{nb} \end{pmatrix} = T_n \begin{pmatrix} M_r \\ M_g \\ M_b \end{pmatrix} \quad (11)$$

【0061】 $M$ はポリゴンのマテリアルの色という意味である。上の2式では計算結果が異なり、画質も少し異なるが、二番目の方がほぼ同様の画像を高速に得ることができる。

【0062】次に明度範囲テーブルの明度範囲を選択する(ステップS31)。なお本実施の形態では図4に示した明度範囲テーブルを用いているが、図9のような明度範囲テーブルを用いることもできる。図9は上限及び下限により明度範囲が指定されたテーブルの例を示している。すなわち、明度範囲の上限1.00と下限0.7

20

5に対して基準明度0.75、明度範囲の上限0.74と下限0.50に対して基準明度0.50、明度範囲の上限0.49と下限0.00に対して基準明度0.25が設定されている。このような明度範囲テーブルを使用する場合には上限及び下限を含む明度範囲をランダムに選択し、設定することができる。但し図9は少数第2位まで有効なコンピュータの場合を示している。以下で説明する明度比較処理において各画素の明度と上限及び下限の2つの明度値との比較が簡単に行えない場合には、明度範囲を例えば図9の上から順番に選択する。そしてこの場合下限値のみで処理していくことになる。

【0063】この後、このポリゴンの頂点における明度を補間して、当該ポリゴン内部の各画素における明度(ポリゴンにおける明度分布)を計算する。頂点の色も補間されるが、3頂点共同じ描画用色なので補間しても結果は同じである。そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で描画する(ステップS33)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS31及びS33を、全ての明度範囲について処理するまで繰り返す(ステップS35)。

【0064】例えばピクセルカラー処理部209が上限及び下限の2つの明度値を取り扱うことができない場合には、Zバッファ211を併用することにより同一の効果を得ることができる。Zバッファ211は隠面消去に使われるが、本実施の形態では明度の上限値比較機能と同様の効果を奏する。

【0065】例えば図4のような明度範囲テーブルがあった場合には、まずしきい値0.75を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴンの各頂点の明度及び座標( $Z$ 値を含む)を補間して、各画素の明度及び座標( $Z$ 値を含む)を計算して行く。なお、3頂点とも色をしきい値0.75に対応する描画用色に設定しておく、補間を行っても各画素の色は描画用色になる。

【0066】演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.75とを比較し且つ補間により求められたその画素の $Z$ 値とZバッファ211に格納されたその画素の $Z$ 値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.75以上で且つ補間により求められたその画素の $Z$ 値がZバッファ211に格納されたその画素の $Z$ 値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.75に対応する描画用色を書き込む。

【0067】このポリゴンの描画が初めてで、明度が0.75以上であれば描画用色書き込まれる。図10

21

(a)に、三角形ポリゴン601及び三角形ポリゴン602の2つの例を示している。三角形ポリゴン601の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン602の頂点P21、P22、P23のそれぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。上で述べた処理を実施すると、各三角形ポリゴン内の塗られている部分が描画用色で彩色される。

【0068】次に、しきい値0.5を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴン内部の各画素の明度及び座標（Z値を含む）を計算する。演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.5とを比較し且つ計算により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。もし画素の明度がしきい値0.5以上で且つ計算により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.5に対応する描画用色を書き込む。

【0069】もし、Zバッファ211を使用しないと、図10(b)のように、明度1.0から0.5の領域がしきい値0.5に対応する描画用色で彩色されてしまう。明度0.75以上の領域については、Zバッファ211に格納されたZ値と計算により求められたZ値とは同じであるから、明度0.75以上の領域についてはしきい値0.5に対応する描画用色はフレーム・バッファ213に書き込まれない。すなわち、図10(c)に示したように、明度0.5から0.74の領域と明度0.75以上の領域には異なる描画用色が彩色される。

【0070】図4の例で、しきい値0.0について同じように処理を行った結果を図11に示す。図11における三角形ポリゴン601の頂点P11、P12、P13のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン602の頂点P21、P22、P23のそれぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。点線で囲まれた数字すなわち0.5及び0.75は明度のしきい値を示している。このように各三角形ポリゴンは3つの領域に分けられて描画用色が彩色されることになる。

【0071】図12にグーローシェーディングの結果を示す。図12における三角形ポリゴン611の頂点P31、P32、P33のそれぞれの明度は0.0、1.0、1.0に設定されている。また三角形ポリゴン612の頂点P41、P42、P43のそれぞれの明度は0.0、0.5、1.0に設定されている。すなわち各頂点の明度はそれぞれ図11に示した三角形ポリゴン601及び602と同じである。しかし、グーローシェーディングでは補間により滑らかに明度が増えているの

22

に対し、図11では区分けされた領域の境界のみ明度が増える。すなわち、明度がフラットである領域が3つ存在しており、セルアニメ調になっていることがわかる。

【0072】なお、明度範囲テーブルの最も小さい下限値の値が0.0でない場合もある。ポリゴン内で何も色が付されていない部分を無くするため、図6ステップS35の繰り返しにおいては、最後の繰り返しで下限値を0.0にしてステップS31及びS33を実施する。

【0073】以上ステップS25乃至S35までを全てのポリゴンについて処理するまで繰り返す（ステップS37）。これにより、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、セルアニメ調の画像を得ることができる。さらに、これらの処理はコンピュータにて高速に実行することができるので、リアルタイムに描画できる。

【0074】上で述べた明度範囲テーブルは立体モデルごとに最適なものを作成する方がよい。但し、立体モデルをいくつかのカテゴリに分けて、そのカテゴリ毎に明度範囲テーブルを用意するようにしても良い。明度範囲テーブルに含まれる明度範囲数は、現実のセルアニメに合わせて、2又は3にすることが考えられる。但し、以上述べたような処理では図6のステップS35における繰り返し回数が増えるだけであるから、2以上のいずれの数にすることも容易に可能である。但し、繰り返し回数が増えるので数が増えれば処理は遅くなって行く。

【0075】2. 実施の形態2

実施の形態2は実施の形態1と異なり、描画用色をリアルタイムで計算するのではなく、予め計算しておき、データとして格納しておく。このようにすれば、実施の形態1より処理速度が速くなる。なお、実施の形態1ではポリゴンのマテリアルの色と明度範囲テーブルの基準輝度から計算していたので、ポリゴン1つ当たり一色分のデータを有していれば良かったが、実施の形態2ではポリゴン1つ当たり明度範囲テーブルの行数分の色データを保持する必要がある。

【0076】実施の形態2の機能ブロック図を図13に示す。実施の形態2では、光源計算部500、明度計算部510、明度範囲テーブル530、明度範囲設定部540、明度比較部555を含む描画部450、及び描画用色格納部520を含む。実施の形態1と異なる点は描画用色計算部420の代わりに描画用色格納部520が含まれることである。

【0077】描画用色格納部520は、例えば図4のような明度範囲テーブルを使用する場合には、各ポリゴンにつき3つの描画用色データを保管する必要がある。すなわち、ポリゴンがN個ある場合には、ポリゴン0の第1の明度範囲に対応する(C'01r, C'01g, C'01b)、ポリゴン0の第2の明度範囲に対応する(C'02r, C'02g, C'02b)、ポリゴン0の第3の明度範囲に対応す

る( $C'_{03r}$ ,  $C'_{03g}$ ,  $C'_{03b}$ )から、ポリゴンN-1の第1の明度範囲に対応する( $C'_{(N-1)1r}$ ,  $C'_{(N-1)1g}$ ,  $C'_{(N-1)1b}$ )、ポリゴンN-1の第2の明度範囲に対応する( $C'_{(N-1)2r}$ ,  $C'_{(N-1)2g}$ ,  $C'_{(N-1)2b}$ )、ポリゴンN-1の第3の明度範囲に対応する( $C'_{(N-1)3r}$ ,  $C'_{(N-1)3g}$ ,  $C'_{(N-1)3b}$ )を保管する。

【0078】描画部550は、明度範囲設定部540により設定された明度範囲に対応する描画用色を描画用色格納部520から取り出す。描画用色格納部520は例えばCD-ROM131又はHDD107である。

【0079】光源計算部500は、例えば仮想三次空間に配置された立体モデル内のポリゴンの各頂点についてスクリーン上に透視変換を行い、透視変換されたポリゴンの各頂点について光源計算を行う。次に、明度計算部510は、光源計算部500が計算したポリゴンの各頂点における色から明度Yを計算する。このポリゴンの各頂点における明度は、描画部550に出力される。例えば図4のような明度範囲テーブル530を用意されている場合には、明度範囲設定部540は、明度範囲テーブル530の1つのしきい値を上から順次選択して、描画部550に設定する。

【0080】描画部550では、明度計算部510から出力されたポリゴンの各頂点における明度を補間して、ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。ここでは各頂点のZ値も補間して、ポリゴン内部の各画素におけるZ値をも計算する。この計算は例えば図2の三角形描画処理部205で行われる。そして、この各画素における明度と明度範囲設定部540が設定したしきい値とを明度比較部555が比較し且つZバッファから当該画素の現在のZ値を取り出し補間により計算されたZ値と比較し、当該画素における明度がしきい値より大きく且つ現在のZ値より補間により計算されたZ値の方が小さい場合には、このしきい値に対応する描画用色で当該画素を描画する。

【0081】もし画素における明度がしきい値未満又は現在のZ値が補間により計算されたZ値以上である場合には、この画素をこの段階では描画しない。この比較処理を含む描画処理は例えば図2のピクセルカラー処理部209で行われる。明度範囲設定部540が明度範囲テーブル530の全てのしきい値について設定し、それに対応して描画部550がポリゴン内の全ての画素について処理を行えば、ポリゴン内部が図4の例では3段階に塗り分けられる。

【0082】[全体の処理フロー] 図5に示された限りにおいて、実施の形態1の全体の処理フローは、実施の形態2でも同じである。すなわち、まず仮想空間内の状態を設定する(ステップS2)。次に、実施の形態2における立体モデル描画処理を実施する(ステップS3)。これについては図14を用いて詳細に説明する。そして、このステップS2及びS3を処理終了まで繰り返す(ステップS4)。

返す(ステップS4)。

【0083】[立体モデル描画処理] 図14に実施の形態2における立体モデル描画処理のフローを示す。図6との差異は、図14のステップS53の初期設定の処理内容が図6のステップS23の処理内容と異なる点と、図6のステップS29が図14のステップS59と置き換わった点にある。すなわち、図6ではその都度描画用色を計算していたが、実施の形態2では予め計算且つ格納しておくので、ステップS53において描画する立体モデル用の描画用色データを予め取り込む処理が必要となる。また、ステップS59においてポリゴンの描画用色を読み出す処理が必要となる。なお、ステップS59をステップS55及びS57の前に行っても、ステップS61の後に行っても、それらのステップと並行して行っても良い。予め計算且つ格納されているので、実際に使用するまでに読み出せば良い。

【0084】では図14を具体的に説明する。まず初期設定を行う(ステップS53)。この初期設定では、立体モデルに対応する明度範囲テーブル及び描画用色データを取得する。次に、その立体モデルのあるポリゴンに対し透視変換及び光源計算を行う(ステップS55)。実施の形態1で説明した(A)ポリゴンに定義されたマテリアルの色を考慮した手法及び(B)マテリアルの色を考慮しない手法は実施の形態2でも適用可能である。

【0085】次に、ポリゴンの各頂点における明度を計算する(ステップS57)。そして当該ポリゴンの描画用色を読み出す(ステップS59)。明度範囲テーブルの明度範囲を選択する(ステップS61)。ここでは図4のような明度範囲テーブルを使用することとし、図4の明度範囲を上から順番に選択・設定することにする。この後、このポリゴンの頂点における明度を補間して、当該ポリゴン内部の各画素における明度を計算する。

【0086】そして、当該画素における明度が、選択された明度範囲内であれば、当該選択された明度範囲に対応する描画用色で描画する(ステップS63)。明度の補間処理は例えば図2における三角形描画処理部205が実施する。各画素における明度が、選択された明度範囲内であるかの比較処理は、例えばピクセルカラー処理部209が実施する。このステップS61及びS63を、全ての明度範囲について処理するまで繰り返す(ステップS65)。

【0087】ステップS63では、Zバッファ211を併用している。図4のような明度範囲テーブルがあった場合には、まずしきい値0.75を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴンの各頂点の明度及び座標(Z値を含む)を補間して、各画素の明度及び座標(Z値を含む)を計算して行く。演算処理部203からの命令によりピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.75とを比較し且つ補間により求められたその画素のZ値

とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。

【0088】もし画素の明度がしきい値0.75以上で且つ補間により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.75に対応する描画用色を書き込む。次に、しきい値0.5を選択する。そして演算処理部203からの命令により三角形描画処理部205は、ポリゴン内部の各画素の明度及び座標（Z値を含む）を計算する。ピクセルカラー処理部209は、画素の明度としきい値0.5とを比較し且つ計算により求められたその画素のZ値とZバッファ211に格納されたその画素のZ値を比較する。

【0089】もし画素の明度がしきい値0.5以上で且つ計算により求められたその画素のZ値がZバッファ211に格納されたその画素のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209はフレーム・バッファ213にその画素の色として、しきい値0.5に対応する描画用色を書き込む。明度0.75以上の領域については、Zバッファ211に格納されたZ値と計算により求められたZ値とは同じであるから、明度0.75以上の領域についてはしきい値0.5に対応する描画用色はフレーム・バッファ213に書き込まれない。同様にしきい値0.0について処理する。

【0090】以上ステップS55乃至S65までを全てのポリゴンについて処理するまで繰り返す（ステップS67）。これにより、立体モデルの全てのポリゴンが所定の段階の明度で塗り分けられ、セルアニメ調の画像を得ることができる。さらに、これらの処理はコンピュータにて高速に実行することができるので、リアルタイムに描画できる。特に、実施の形態2は実施の形態1より更に高速化されている。

### 【0091】3. その他の変形例

（1）実施の形態1においては、立体モデル描画処理を表す図6でステップS25及びS27の後にポリゴンの描画用色を計算する処理をステップS29として実施することになっているが、ステップS33で描画用色を使用するまでに計算されていれば問題は無い。よって、ステップS29を、ステップS25又はS27の前に行っても、ステップS25及びS27と並行して行っても、ステップS31の後に行っても、ステップS31と並行して行っても良い。

【0092】（2）実施の形態1の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS27では、YIQ変換で光源計算後のポリゴンの頂点の明度Yを計算する。YIQ変換の結果であるI及びQは使用しないので計算しない方が高速であるが、既にYIQ変換を行うルーチン等が存在している場合には、それを用いてI及びQを計算しても良い。これについては実施の形態2でも同じであ

る。

【0093】（3）実施の形態1の立体モデル描画処理を表す図6におけるステップS33では、ポリゴンの頂点のデータを補間してポリゴン内部の画素のデータを生成する。この処理は、一度行えばステップS35による繰り返して異なる明度範囲を選択・設定しても変わらないので、結果を保存しておき、使用するようにしても良い。これについては実施の形態2でも同じである。

【0094】（4）実施の形態1の立体モデル描画処理を示す図6におけるステップS25では、透視変換を行うと共に光源計算を行っているが、透視変換はステップS33までに行えばよい。但し、ステップS35によるループの外に出したほうが、何回も透視変換しなくても済む。よって、ステップS25のタイミングで実行すれば計算量を減らすことができる。これについては実施の形態2でも同じである。

【0095】（5）実施の形態2では、明度範囲に対応する描画用色を予め計算し且つ記憶しておくことにしているが、この予め計算する際の計算方法は、実施の形態1で説明した2つの方法のいずれでもよいし、又別の方法であってもよい。さらに、描画用色を一つ一つ定義していてもよい。実施の形態2では描画用色を予め用意しておくので、実行速度は速くなるが、用意されている描画用色以外の色に変更することは簡単にはできない。これに対し、実施の形態1のように明度範囲テーブルに定義されている基準明度を使用して実行時に計算する場合には、明度範囲テーブルを変更する又は基準明度を変更するだけで描画用色を適宜変更することができるという効果もある。

【0096】（6）使用するハードウェアの変更  
上で述べた実施の形態では、立体モデル描画処理（図5のステップS3）の一部の処理を、グラフィックス処理部111が実行するような実施の形態を開示したが、立体モデル描画処理全体をグラフィックス処理部111が行っても、演算処理部103が実行するようにしても良い。

【0097】また図1は一例であって、様々な変更が可能である。例えば、ゲーム装置ならば、HDD107を保持せず、プログラム及びデータをCD-ROM131のみから供給するようにすることも考えられる。その際、インターフェース部117にHDD107の代わりにデータを保存するためのメモリカードの読み書きインターフェースを備えるようにする。また、通信インターフェース115を備えるか否かは任意である。本発明は直接サウンド処理には関係しないので、サウンド処理部109を備えている必要は無い。

【0098】また、CD-ROM131は記録媒体の一例であって、フロッピー・ディスク、光磁気ディスク、DVD-ROM、メモリカートリッジ等他の記録媒体であってもよい。その場合には、CD-ROMドライブ1

13を対応する媒体に合わせたドライブにする必要がある。

【0099】さらに、以上は本発明をコンピュータ・プログラムにより実装した場合であるが、コンピュータ・プログラムと電子回路などの専用の装置の組み合わせ、又は電子回路などの専用の装置のみによっても実装することは可能である。その際、図5及び図6又は図14の各ステップに表される機能毎に装置を構成してもよいし、それらの一部又はそれらの組み合わせ毎に装置を構成することも考えられる。

【0100】以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、上記実施の形態では、通常のコンピュータをプラットフォームとして本発明を実現した場合について述べたが、本発明は家庭用ゲーム機、アーケードゲーム機などをプラットフォームとして実現しても良い。場合によっては、携帯情報端末、カーナビゲーション・システム等をプラットフォームにして実現することも考えられる。

【0101】また、本発明を実現するためのプログラムやデータは、コンピュータやゲーム機に対して着脱可能なCD-ROM等の記録媒体により提供される形態に限定されない。すなわち、本発明を実現するためのプログラムやデータは、図1に示す通信インターフェース115により、通信回線141を介して接続されたネットワーク151上の他の機器側のメモリに上記プログラムやデータを記録し、このプログラムやデータを通信回線141を介して必要に応じて順次メモリ105に格納して使用する形態であってもよい。

【0102】〔表示例〕図15に、本発明を使用しない場合、すなわちポリゴン内の各画素の色をポリゴンの頂点の色で補間した場合の画像の一表示例を示す。例えば画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、明度が自然に変化していく様子が見える。一方、図16に、明度範囲（しきい値）が2つ定義された明度範囲テーブルを使用し且つ本発明のアルゴリズムにて描画した場合の画像の一表示例を示す。図16で使われている明度範囲テーブルを図17に示す。ここではしきい値0.3125に対して基準明度0.75、しきい値0に対して基準明度0.60と二段階に設定されている。図16は図15と異なり、画像中央部の人物の顔の耳辺りから人物の顔向かって右側にかけて、2段階の明度で塗り分けられていることが分かる。

【0103】本発明のアルゴリズムを使用することにより、セルアニメ調の画像を得ることができる。本発明では、フレーム・バッファへの書き込みの際に明度を格納する $\alpha$ 値と明度範囲を比較して所定の描画用色の書き込み可否を判断するという処理を余分に行うだけなので、従来技術により図15のような画像を生成したり、本発

明のアルゴリズムで図16のような画像を生成したりすることを簡単に切り替えられる。また、セルアニメーションを人間の手で描く場合には、例えばキャラクタの様々な状態の画像を作成するには大きな手数がかかる。また、セルアニメ調のゲームキャラクタが表示されるゲームにおいても、同様の理由によりあまり多くの角度からのキャラクタの画像を作成できない。しかし、本発明を用いれば容易に多数の状態におけるセルアニメ調の画像を得ることができ、その手数を大幅に減少させることができる。

【0104】

【発明の効果】以上のように、本発明のレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体によれば、明度のレベルに割り当てられた代表的な明度によってポリゴン内の色が定まるようにしたため、セルアニメ調の彩色を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプログラムを実行するコンピュータの一例を示すブロック図である。

【図2】図1におけるグラフィックス処理部の一例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1の機能ブロック図である。

【図4】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図5】本発明の全体の処理を示すフローチャートである。

【図6】実施の形態1の立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図7】ポリゴンモデルのデータ構造を示す模式図である。（a）は立体モデル全体のデータ構造を示し、（b）は透視変換前の三角形ポリゴンのデータ構造を示し、（c）は頂点データ・テーブルのデータ構造を示している。

【図8】図7（b）に対応する透視変換後の三角形ポリゴンのデータ構造を示す。

【図9】明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【図10】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合において、処理の各段階を説明するための画像の一例である。（a）はしきい値0.75が設定された場合に描画される領域を示しており、（b）は実施の形態1においてZバッファを使用しない場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示しており、（c）は実施の形態1においてZバッファを使用した場合にしきい値0.5が設定された場合に描画される範囲を示している。

【図11】本発明のアルゴリズムにより三角形ポリゴンを描画した場合の画像の一例である。

【図12】従来技術により三角形ポリゴンを描画した場合における画像の一例である。

【図13】実施の形態2の機能ブロック図である。

29

【図14】実施の形態2における立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図15】従来技術によりレンダリングした画像の一表示例である。

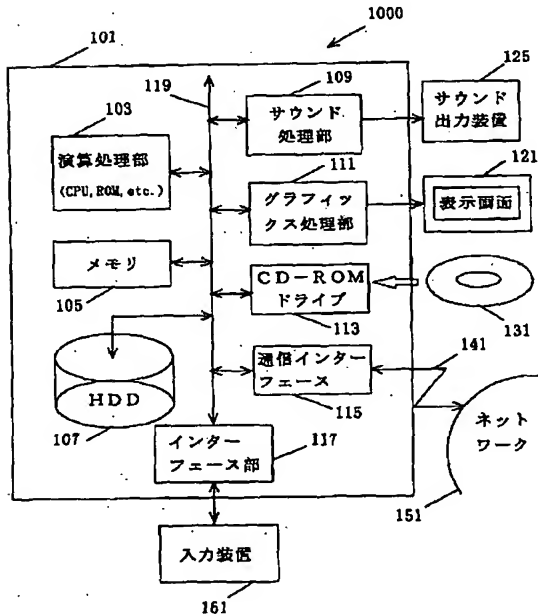
【図16】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。

【図17】図16のレンダリングにおいて使用された明度範囲テーブルの一例を示す表である。

【符号の説明】

1000 コンピュータ 101 コンピュータ本体 103 演算処理部 105 メモリ 107 HDD 109 サウンド処理部 111 グラフィックス処理部 113 CD-ROMドライブ 115 通信インターフェース 117 インターフェース部 125 サウンド出力装置 121 表示画面 141 ネットワーク 151 入力装置

【図1】



【図8】

透視変換後三角形ポリゴン	
頂点0	スクリーン座標 (x, y, s)
	色データ (r, g, b)
	α値
頂点1	スクリーン座標 (x, y, s)
	色データ (r, g, b)
	α値
頂点2	スクリーン座標 (x, y, s)
	色データ (r, g, b)
	α値

【図9】

明度範囲		
上値	下値	基準明度
1.00	0.75	0.75
0.74	0.50	0.50
0.49	0.00	0.25

【図17】

しきい値	基準明度
0.3125	0.75
0	0.60

30

115 通信インターフェース 117 インターフェース部

119 内部バス 121 表示装置

125 サウンド出力装置 131 CD-ROM

141 通信媒体 151 ネットワーク

161 入力装置

400 光源計算部 410 明度計算部

420 描画用色計算部 430 明度範囲テーブル

440 明度範囲設定部 450 描画部

455 明度比較部

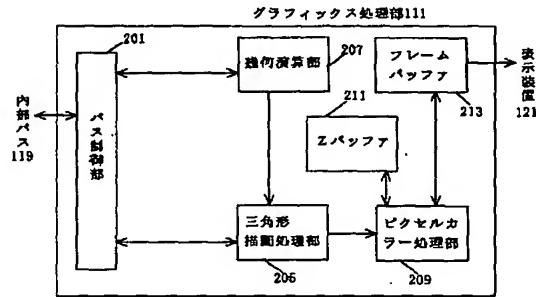
500 光源計算部 510 明度計算部

520 描画用色格納部 530 明度範囲テーブル

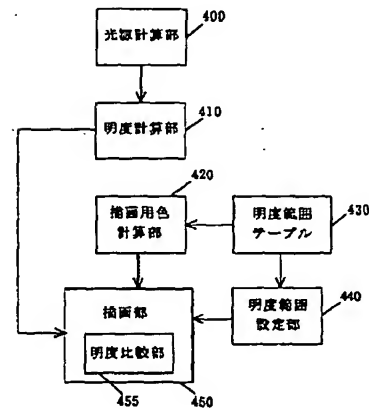
540 明度範囲設定部 550 描画部

555 明度比較部

【図2】



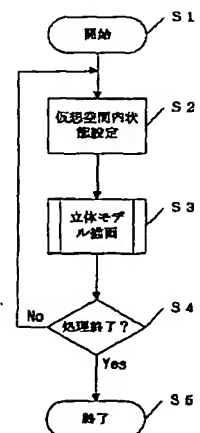
【図3】



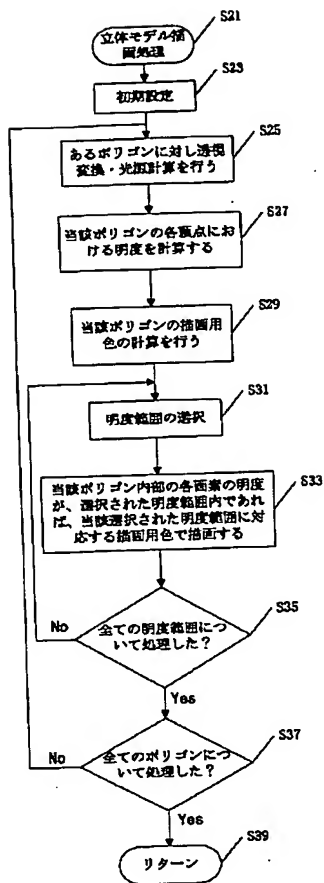
【図4】

しきい値	基準明度
0.75	0.75
0.50	0.50
0.00	0.25

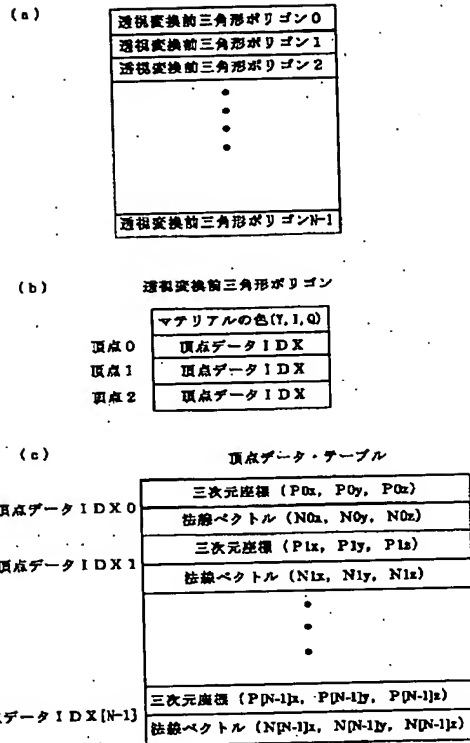
【図5】



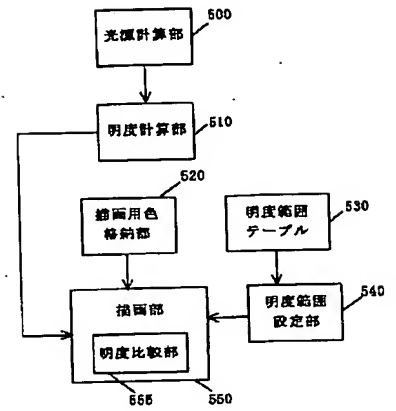
【図6】



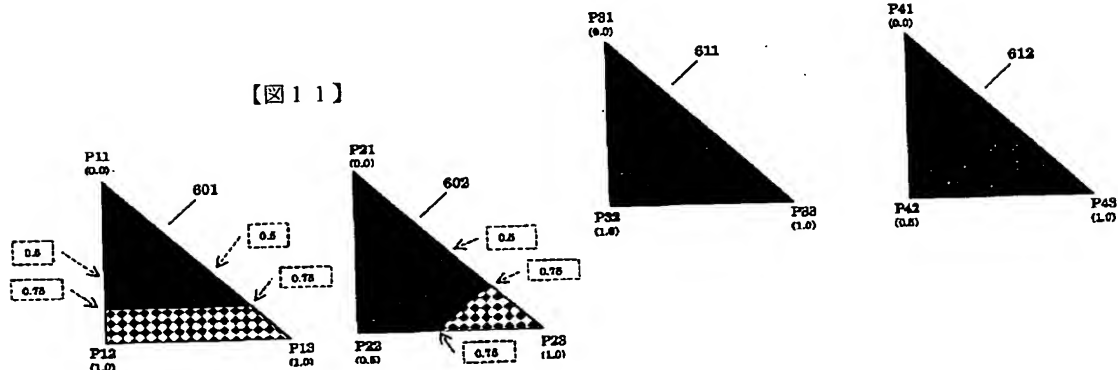
【図7】



【図13】

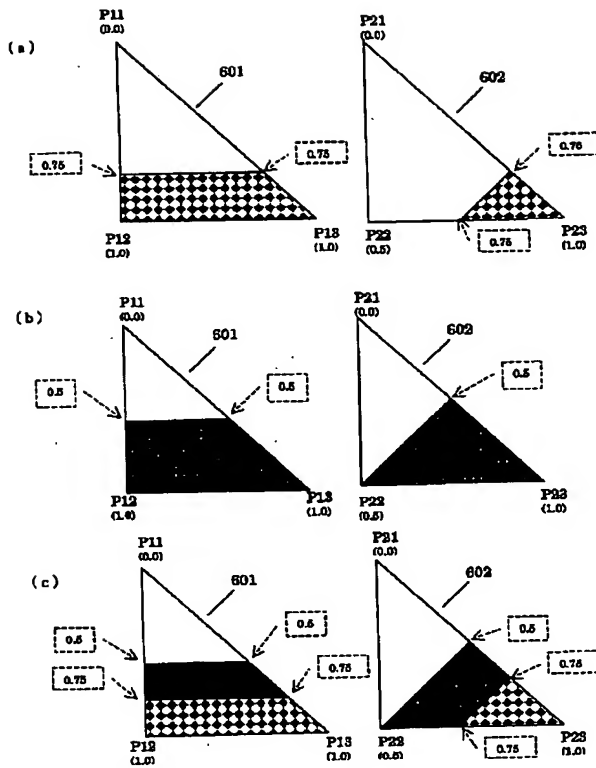


【図11】



【図12】

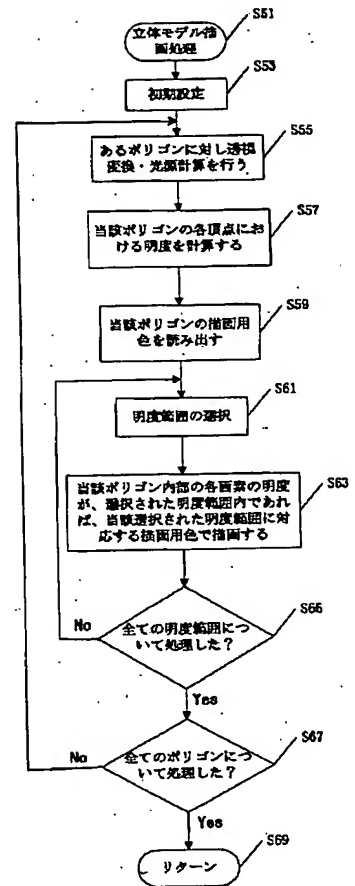
【図10】



【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平9-282487 (J P, A)  
特開 平8-212384 (J P, A)  
特開 平6-266852 (J P, A)  
“ノンフォトリアルレンダリングの世界 第2部製品分析”, 日経CG, 日経BP社, 1998年5月8日号, 第140号,  
p. 122-133

(58) 調査した分野 (Int. Cl. <sup>7</sup>, D B 名)  
G06T 15/00 100  
G06T 17/40  
J I C S T ファイル (J O I S)